

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO MOLECULAR DA
CARNE DE NOVILHAS CRUZADAS DESTINADA AO
MERCADO DE CARNES NOBRES

Acadêmica: Lucy Mery Antonia Surita

Aquidauana - MS
Agosto/ 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO MOLECULAR DA
CARNE DE NOVILHAS CRUZADAS DESTINADA AO
MERCADO DE CARNES NOBRES

Acadêmica: Lucy Mery Antonia Surita
Orientador: Prof. Dr. André Luiz Julien Ferraz
Co-orientador: Dr. Gelson Luis Dias Feijó

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia”.

Aquidauana-MS
Agosto/2016

S959c Surita, Lucy Mery Antonia

Caracterização e avaliação molecular da carne de novilhas cruzadas destinada ao mercado de carnes nobres/Lucy Mery Antonia Surita. Aquidauana: UEMS, 2016.

96p. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Zootecnia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2016.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Julien Ferraz.

1.Carne 2.Novilhas 3.Sistema de terminação 4.Marcadores moleculares I.Título.

CDD 23.ed. 641.66



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
PRODUÇÃO ANIMAL NO CERRADO-PANTANAL



LUCY MERY ANTONIA SURITA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 29/08/2016.

Dr. André Luiz Julien Ferraz
Orientador

Dr. Dalton Mendes de Oliveira

Dr. Rodrigo da Costa Gomes

Dra. Mariana de Nadai Bonin

“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo,
qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.”

(Chico Xavier)

Aos meus pais, Constantino e Darcy (in memoriam) pelo amor, incentivos e ensinamentos, sempre me guiando pelos caminhos do bem.

As minhas filhas, Nicolly e Ana Clara por me escolherem como Mãe e pelo amor incondicional que me oferecem. Não há melhor recompensa que vê-las sorrir.

“Filho é um ser que Deus nos emprestou para um curso intensivo de como amar alguém além de nós mesmos.”

(José Saramago)

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS pela vida e saúde para superar todos os obstáculos.

À minha família pelo apoio e suporte.

Ao Prof. Dr. André Luiz Julien Ferraz, pela orientação, ensinamentos, conselhos e pela oportunidade de realizar esse trabalho. Obrigada!

Ao Dr. Gelson Luis Dias Feijó pelos ensinamentos, confiança e oportunidade de realizar esse trabalho junto a Embrapa Gado de Corte. Obrigada!

À Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e à FUNDECT, pelo apoio na realização deste estudo.

À Embrapa Gado de Corte pela oportunidade e disponibilidade dos laboratórios para realização das análises.

À empresa Vermelho Grill Carnes e Cortes.

À amiga Marina, pelos ensinamentos, conselhos, oportunidades e principalmente por sua amizade.

Ao Técnico e amigo Igor Joba, por toda ajuda na coleta dos dados, pelos conselhos e ensinamentos. Obrigada por tudo.

Aos funcionários da Embrapa Gado de Corte. Em especial, a Rosana, Mari, Geziel, Elcione e Henrique pela amizade e momentos de descontração.

À equipe do laboratório de genética animal (GEMA). Em especial ao Brayan, Ariana, Isadora e Isabela pela ajuda nas análises moleculares.

Ao doutorando Ricardo Favero pela ajuda nas análises no laboratório de carne (LabCar) e parceria nas disciplinas da UFMS.

Aos estagiários Thais, Sibele e Leonardo pela ajuda nas coletas e análises.

À amiga Pamela Thainara e sua família, pela ajuda e amizade.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente colaboraram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xi
RESUMO.....	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
 CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	 1
1.0 INTRODUÇÃO.....	1
2.0 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Mercado da carne bovina.....	3
2.1 Sistemas de terminação de bovinos de corte.....	5
2.1.1 Confinamento.....	6
2.1.2 Semiconfinamento.....	7
2.2 Crescimento e desenvolvimento corporal.....	8
2.3 Composição da carcaça.....	10
2.3.1 Características indicativas de rendimento de carcaça.....	11
2.4 Estrutura da carne.....	12
2.5 Atributos de qualidade da carne bovina.....	15
2.5.1 Cor.....	16
2.5.2 Sabor e Suculência.....	18
2.5.3 Maciez.....	19
2.5.4 Marmoreio.....	22
2.5.5 pH.....	22
2.6 PCR em tempo Real (qPCR)	24
2.7 Marcadores moleculares	25

2.8 Genes <i>FABP3</i> (<i>H-FABP</i>) e <i>FABP4</i> (<i>A-FABP</i>).....	27
3.0 OBJETIVOS.	28
3.1 Objetivo Geral.....	28
3.2 Objetivos específicos.....	28
4.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

CAPÍTULO 2. Características de carcaça e qualidade da carne de novilhas destinadas ao mercado de carnes nobres, terminadas em dois sistemas de produção.....

RESUMO.....	38
ABSTRACT.....	39
INTRODUÇÃO.....	39
MATERIAL E MÉTODOS.....	40
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
CONCLUSÃO.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

CAPÍTULO 3. Associação entre marcadores moleculares e a qualidade da carcaça e carne de novilhas destinadas ao mercado de carnes nobres, terminadas em dois sistemas de produção.....

RESUMO.....	59
ABSTRACT.....	60
INTRODUÇÃO	60
MATERIAL E MÉTODOS.....	61
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
CONCLUSÃO.....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

CAPÍTULO 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....

APENDICE.....	72
---------------	----

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Curva típica de crescimento.....	9
Figura 2. Tecido conjuntivo no músculo.....	13
Figura 3. Organização estrutural da fibra muscular.....	14
Figura 4. Representação da escala de cor do sistema L*C*h.....	18
Figura 5. Esquema representativo dos componentes do sarcômero.....	19
Figura 6. PCR em tempo real com Sistema TaqMan.....	25

CAPÍTULO 2

Figura 1. Correlações, conforme relacionamento de agrupamento (“clusters”), entre variáveis quali-quantitativas da carcaça e da carne de novilhas cruzadas abatidas aos 13 meses de idade.....	43
--	----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Características quantitativas de carcaça de novilhas Angus x Nelore, abatidas aos treze meses de idade, terminadas em dois sistemas de produção.....	45
--	----

Tabela 2. Características qualitativas da carne de novilhas Angus x Nelore, abatidas aos treze meses de idade, terminadas em dois sistemas de produção.....	48
---	----

Tabela 3. Influência da maturação (sem maturação ou maturação de 7 dias) sobre a qualidade da carne de novilhas Angus x Nelore, abatidas aos treze meses de idade.....	52
--	----

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Sequência dos oligonucleotídeos e repórteres utilizados na qPCR.....	63
--	----

Tabela 2. Frequência alélica e genotípica dos polimorfismos FABP3-G/A e FABP4-G/C para grupo genético Angus x Nelore.....	64
---	----

Tabela 3. Efeito dos genes FABP3 e FABP4 sobre características de carcaça de novilhas Angus x Nelore abatidas aos treze meses de idade.	66
---	----

Tabela 4. Efeito dos genes FABP3 e FABP4 sobre características da carne de novilhas Angus x Nelore abatidas aos treze meses de idade....	67
--	----

Tabela 5. Efeito de substituição alélica em variáveis com evidências de efeito aditivo em novilhas Angus x Nelore, abatidas aos treze meses de idade.....	68
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS

AC – Acabamento
A-FABP – Proteína de ligação de ácidos graxos nos adipócitos
AOL – Área de olho de lombo
CC – Comprimento de carcaça
CRA – Capacidade de retenção de água
C_T- *Cycle Thershold*
DFD – Escura, firme e seca
DistGord – Distribuição de gordura
DNA – Ácido desoxirribonucleico
EE – Extrato etéreo
EGS – Espessura de gordura subcutânea
FABP – Proteína de ligação de ácidos graxos
FC – Força de cisalhamento
H-FABP – Proteína de ligação de ácidos graxos do coração
kg – Quilos
LD – *Longíissimus dorsi*
MAR – Marmoreio
MatFis – Maturidade fisiológica
pCoz – Perdas no cozimento
PCQ – Peso da carcaça quente
PE – Perdas por exsudação
PSE – Pálida, Flácida e Exsudativa
PV – Peso vivo
qPCR- PCR em tempo real
QTL – Loci de características quantitativas
RNA – Ácido ribonucleico
SNPs – Polimorfismos de nucleotídeo único
μL – Microlitro
μM – Micromolar

RESUMO

Objetivou-se com o estudo a caracterização e avaliação molecular da carne de novilhas cruzadas destinadas ao mercado de carne nobre. Foram utilizadas amostras do músculo *Longissimus dorsi* de 148 novilhas Angus x Nelore com cerca de 13 meses de idade, terminadas em dois sistemas de produção (Confinamento e Semiconfinamento). Foram realizadas avaliações quali-quantitativas da carcaça e da carne sem e após sete dias de maturação. Amostras biológicas dos músculos foram utilizadas para extração de DNA. Baseando-se nos dados das análises fenotípicas de avaliação de carcaça e de qualidade de carne, dois polimorfismos do gene FABP (Proteína de ligação de ácidos graxos) foram selecionados para estudo de associação com características de produção. Para caracterização das carcaças e da carne foi utilizado o procedimento Univariate do SAS. As carcaças e a carne das novilhas foram avaliadas em função do sistema de terminação (Confinamento ou Semiconfinamento) em um modelo linear com o procedimento GLM do SAS. Nos estudos de associação, o efeito de cada marcador sobre as características fenotípicas estudadas foi analisado utilizando-se o procedimento General Linear Model (GLM) do programa estatístico SAS. Observou-se diferença significativa ($P < 0,05$) nas características de carcaças e carne nos dois sistemas avaliados. O confinamento produziu carcaças mais pesadas, com melhor conformação e espessura de gordura subcutânea ($P < 0,05$). No entanto, o semiconfinamento produziu carcaças mais jovens. A carne de novilhas confinadas apresentou melhor coloração e maciez ($P < 0,05$). Observou efeito aditivo do gene FABP3 com comprimento de carcaça ($P < 0,0289$) e MAR ($P < 0,0179$) e do FABP4 com comprimento de carcaça ($P < 0,0465$) e Hue ($P < 0,0030$). Sistemas de confinamento são mais apropriados que semiconfinamento para a produção de novilhas que apresentem carcaças e carne de qualidade superior, em especial a maciez. Os SNPs FABP3-G/A e FABP4-C/G apresentaram efeito sobre as características da carcaça e da carne, o que é indicativo do potencial dos mesmos para uso em processos de seleção de animais superiores para características de carcaça e carne.

Palavras-chave: avaliação de carcaça, bovino de corte, FABP3, FABP4, qualidade da carne.

ABSTRACT

The objective of the study was the molecular characterization and evaluation of crossbred beef heifers intended for prime beef meat market. Samples of the *Longissimus dorsi* muscle from 148 Angus x Nelore heifers slaughtered around 13 months of age were used. The animals were finished under two production systems (feedlot or pasture plus concentrate). Carcass evaluations and meat quality analysis were carried out in samples without and after seven days of aging. Biological samples of muscle were used for DNA extraction. Based on the data analysis of phenotypic evaluation of carcass and meat quality, two polymorphisms of the gene FABP (fatty acid binding protein) were selected for association study with production characteristics. SAS Univariate procedure was used for characterization of the carcasses and the meat. Carcasses and meat of heifers were evaluated according to the fattening system (feedlot or pasture plus concentrate) in a linear model with the GLM procedure of SAS. The systems evaluated showed differences ($P < .05$) in carcass traits and meat quality. Feedlot produced heavier carcasses with better conformation and higher fat thickness. However, the pasture plus concentrate system produced younger animals. Heifers finished under feedlot showed better color and higher tenderness. There was additive effect of gene FABP3 ($P < .05$) on carcass length and marbling and additive effect of FABP4 on carcass length and Hue. Feedlot systems are more appropriate than pasture plus concentrate for producing heifers presenting superior carcasses and meat qualities, in particular tenderness. SNPs FABP3-G/A and FABP4-C/G showed effect on carcass and meat quality, and might be useful in selection programs aiming better animals for carcass and meat quality.

Key-words: beef cattle, carcass evaluation, FABP3, FABP4, meat quality.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

O mercado da carne bovina no Brasil passou por profundas transformações nas últimas décadas, tanto que desde 2008 lidera o ranking de maior exportador de carne bovina (MAPA, 2016). Considerando a importância das exportações de carne bovina *in natura* para a agroindústria brasileira, melhorias relacionadas à qualidade da carne teriam impacto positivo à imagem e aos valores pagos pela carne bovina brasileira (BONIN, 2008).

Entretanto, a qualidade da carne é complexa e depende de diversos fatores inerentes ao animal como genética, idade, sexo, manejos aplicados na propriedade, ante e após o abate e ainda do processamento da carcaça e da carne (PAULINO, 2013). Esses fatores em conjunto afetam diretamente as propriedades físico-químicas da carne e alteram ou determinam sua aparência e sensação gustativa (cor, maciez, sabor, odor e suculência).

Ademais, características como maciez e marmoreio são cada vez mais exigidas e valorizadas pelos consumidores que estão dispostos a pagar um preço diferenciado por essa qualidade (SOUZA et al., 2010). Assim, com o mercado mais exigente, há a necessidade de que todos os elos da cadeia produtiva colaborem para produção de produtos com graus diferenciados da qualidade.

No entanto, aspectos quantitativos e qualitativos da carcaça e da carne, pelas dificuldades inerentes à coleta dos dados, são difíceis de serem avaliados em programas de melhoramento genético. Assim, marcadores moleculares podem ser empregados para a seleção de indivíduos com genótipos e fenótipos que atendam às exigências de mercado e facilite a escolha de raças, cruzamentos e de animais dentro de um mesmo rebanho, a fim de diminuir a variabilidade entre as características de qualidade da carne existentes entre os animais.

Esta variabilidade existente na qualidade de carne bovina não é desejada em produtos voltados ao mercado de carnes nobres, que anseia por

uma constância no padrão de qualidade dos produtos. Desta maneira, a utilização de marcadores moleculares para escolha da matéria prima, no caso os animais, podem significar um grande avanço na busca por qualidade dos produtos, economizando tempo e investimento financeiro, já que apenas animais que se enquadrassem nos padrões de qualidade desejados seriam recriados, dispensando o investimento desnecessário em animais de baixa qualidade, que somente atrasariam e encareceriam o ciclo de produção.

Diante do exposto, foi proposto o estudo para caracterizar e avaliar a qualidade de carne de novilhas destinadas ao mercado de carnes nobres utilizando metodologias qualitativas e moleculares.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mercado da carne bovina

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne – ABIEC, o Brasil tem no mercado interno o principal destino de sua produção. Sendo que, a carne produzida é destinada ao mercado *commodity*, com baixo valor agregado (LEONELLI & OLIVEIRA, 2016).

Um dos grandes problemas enfrentados na cadeia produtiva é a falta de padronização do produto final. A falta de uniformidade na idade ao abate dos animais, cobertura de gordura e marmorização da carne reflete em efeitos diretos na maciez e palatabilidade do produto, sendo um dos grandes responsáveis pela variabilidade existente na qualidade da carne produzida (ARRIGONI et al., 2004). A menor qualidade do produto oferecido, em relação à qualidade observada em outros grandes mercados mundiais, gera um declínio na remuneração do produto brasileiro.

No entanto, a crescente exigência do mercado consumidor por carne bovina com atributos de qualidade vem impulsionando a cadeia produtiva a buscar melhorias nos setores de produção, industrialização e comercialização, a fim de oferecer um produto que possa atender as exigências dos consumidores e os mais variados nichos de mercados.

Um nicho de mercado diferenciado, o mercado da carne bovina *premium*, vem atraindo alguns produtores brasileiros a investir na produção de animais com características que atendam a este conceito. De acordo com Siqueira et al. (2015), a carne *premium* possui qualidade superior, com cortes diferenciados aos comumente encontrados em mercados e açougues, maior valor agregado, que atenda normas de sanidade e higiene, redução da idade de abate e atributos de qualidade desejados pelos consumidores como maciez, textura, marmoreio, sabor entre outros.

Esse é um mercado promissor, entretanto, como é formado por consumidores mais exigentes, que estão dispostos a pagar um preço diferenciado desde que recebam uma carne de melhor qualidade, há a necessidade de investimentos tecnológicos e comprometimento de todos os

elos da cadeia produtiva para garantir que essa qualidade superior seja obtida em todos os animais abatidos e que seja uniforme ao longo do tempo.

Produzir carne considerada *premium* é deixar de ser produtor de *commodities* (SIQUEIRA et al. 2015) e ofertar produtos diferenciados, padronizados e com qualidade (HADLICH, 2013). Neste contexto, a padronização da matéria prima pode ser uma forma de agregar valor a carne bovina e garantir que chegue à mesa do consumidor brasileiro ou do consumidor dos países importadores da carne brasileira, um produto com diferencial em qualidade (HADLICH, 2013).

Atentos a essas necessidades de padronização e melhora na qualidade do produto a ser entregue aos consumidores, entidades agropecuárias e indústrias frigoríficas estão utilizando programas de qualidade e bonificação de carcaças, que atendam a padrões pré-estabelecidos, como incentivo aos produtores para produzir uma matéria prima de qualidade e que essa produção seja contínua.

Programas como da Associação Sul Matogrossense de Novilho Precoce, juntamente com seus associados, visa produzir animais precoces com nível de qualidade que atenda as exigências de mercado com regularidade. Os novilhos destinados ao abate precisam atender critérios de qualidade como padronização do produto, regularidade da oferta e sistemas de produção sustentáveis. Atendendo a esses critérios, os associados recebem benefícios das alianças comerciais parceiras do programa, além de incentivos fiscais oferecidos pelo governo estadual (NOVILHO PRECOCE, 2016).

De acordo com o grupo JBS, o programa Farol da Qualidade é uma ferramenta de acompanhamento da qualidade da matéria-prima entregue pelo produtor. A partir da combinação dos parâmetros de classificação das carcaças (sexo, maturidade, peso e acabamento de gordura) a empresa construiu um gabarito vinculando ao perfil de carcaça bovina às cores verde (padrão desejável), amarelo (padrão tolerável) e vermelho (padrão indesejável) (JBS, 2016). Ademais, o grupo conta com o programa Boi no Ponto que oferece uma remuneração diferenciada pelo produto de acordo com um protocolo específico de bonificação que leva em consideração o sexo, raça, idade ao abate, peso, acabamento de gordura, castração e rastreabilidade (JBS, 2016).

Outra maneira de agregar valor à carne bovina segundo Valle et al. (2014) é através de cortes diferenciados, cortes em porções ou fatiados, embalados a vácuo ou em atmosfera modificada. A diversificação dos cortes do quarto dianteiro, como bifes da paleta e do miolo do acém, ponta de peito, músculo, peixinho, entre outros, tornam-se valorizados e com boa apresentação visual com a retirada do excesso de tecidos conjuntivo e gordura, e fatiamento. Por outro lado, cortes do traseiro, já valorizados, ganham mais destaque com a criação de sub cortes diferenciados como bifes do coxão-mole, filé-mignon cortado em medalhões, alcatra fatiada entre outros.

Por fim, um produto de qualidade, além de atender às normas de sanidade e higiene deve oferecer atributos como conveniência ou praticidade, características organolépticas e embalagem que atendam às expectativas e necessidades do consumidor (BUAINAIN & BATALHA, 2007).

Transformar a carne bovina brasileira em produto de destaque, com maior valor agregado, atingindo mercados seletos que pagam preços *premium* por produtos com qualidade diferenciada é um dos grandes desafios da bovinocultura de corte (MALAFAIA et al. 2011). No entanto, a organização e modernização do sistema de produção, visando uma produção com eficiência, permitirá conquistar novos mercados e, principalmente, manter aquele já conquistado.

2.2 Sistemas de terminação de bovinos de corte

O sistema de produção adotado pode influenciar de forma direta ou indireta na qualidade final da carne, isso se dá principalmente em razão do plano nutricional ao qual o animal é submetido durante diferentes estágios de sua vida, que culminarão em alterações na taxa de crescimento e deposição de tecidos corporais (PAULINO et al., 2013).

A produção de bovinos em pastagens enfrenta sérios desafios decorrentes das limitações na qualidade e quantidade da forragem disponível ao longo do ano para atender o requerimento nutricional do animal. Os efeitos desse fato sobre a pecuária de corte são evidentes, ocorrendo uma variação acentuada de ganho de peso, e um consequente atraso da idade de abate (REIS et al., 2011).

Desse modo, a produção de bovinos de corte no sistema tradicional tem se mostrado economicamente pouco eficiente, obrigando os produtores a buscarem por alternativas que aumentem a lucratividade da propriedade (MÍSSIO et al., 2009). Neste sentido, o uso do confinamento e semiconfinamento para intensificação dos sistemas de produção de carne bovina, tornam-se excelentes estratégias para aumentar a produção e melhorar a qualidade do produto ofertado.

2.2.1 Confinamento

O sistema de confinamento é mais utilizado para a fase de terminação de bovinos, etapa da produção que antecede o abate do animal (CARDOSO, 1996). Neste sistema os animais são encerrados em piquetes ou currais com área restrita, com fornecimento do alimento em cocho, tanto a parcela concentrada (farelos e grãos) quanto à volumosa (silagens, feno, etc) (CARDOSO, 1996; ROSA et al., 2004).

A nutrição é o item de maior importância e custo do sistema de confinamento. A alimentação (volumoso + concentrado) representa mais de 70% do custo total de produção (RESTLE E VAZ, 1999). Outros fatores importantes seriam, o potencial genético e a idade de abate dos animais, que refletem na eficiência de transformar alimento consumido em ganho de peso e, conseqüentemente, no custo por kg de ganho de peso (PACHECO et al., 2006).

Neste sentido, o período em que o animal fica confinado pode refletir em mais ou menos gastos para o produtor. Gomes et al. (2015), relatam que o tempo de confinamento correto deve ser aquele necessário para que o animal atinja o peso e o acabamento para abate. Desse modo, evitam-se situações em que o animal fique menos tempo confinado e não consegue atender os quesitos ideais para abate, bem como, que permaneçam confinados por tempos maiores que o essencial, ocasionando maiores custos (GOMES et al., 2015).

Segundo Gomes et al. (2015), a prática do confinamento é crescente na atividade pecuária em decorrência das várias tecnologias disponíveis e das

vantagens que traz ao sistema de produção de carne bovina. Entre as vantagens os autores destacam:

- Alívio dos pastos na época seca;
- retirada das pastagens dos animais pesados, liberando-os para categorias com menor exigência nutricional;
- aumento na produtividade e a qualidade da carne;
- redução no tempo de terminação;
- redução da variabilidade da carne produzida, viabilizando abate de bovinos mais jovens e carcaça de maior acabamento;
- a possibilidade de programar abates ao longo do ano;
- a intensificação no giro de capital.

Considerando a importância da bovinocultura de corte para o agronegócio brasileiro, o confinamento é visto como uma atividade alternativa para aumentar a produtividade, melhorar a qualidade da carne, permitindo assim, que a indústria alcance diferentes nichos de mercados.

2.2.2 Semiconfinamento

O semiconfinamento consiste na engorda de bovinos a pasto recebendo suplementação concentrada, principalmente quando terminados durante a seca, período em que os pastos apresentam baixa produtividade (LANNA E ALMEIDA, 2005).

Esta prática tem se tornado cada vez mais comum pela menor necessidade de infraestrutura, baseada na disponibilização adequada de cochos, em relação ao confinamento (GOMES et al., 2015).

Neste sistema, os animais são alocados em uma determinada área de pasto vedado (pasto diferido) e, fornecido alimento concentrado nas quantidades que podem variar de 1,2 a 2% do peso corporal, com prévia adaptação, visando suprir as exigências nutricionais dos animais (REIS et al., 2011).

Devido à limitação da fonte de volumoso (pasto), recomenda-se que os animais submetidos a este regime estejam bem próximos ao seu ponto de abate, preferencialmente, machos castrados e fêmeas, quando se exige

acabamentos de carcaça medianos a uniforme (GOMES et al., 2015). Machos inteiros precisam ser abatidos em pesos maiores e/ou serem alimentados com dietas com maior teor de energia para atingir bom acabamento de carcaça e, por isso, o semiconfinamento é uma estratégia menos adequada comparada ao confinamento (GOMES et al., 2015).

2.3 Crescimento e desenvolvimento corporal

O crescimento é definido como o aumento da massa corporal de um animal pela formação e multiplicação de novas células (processo de hiperplasia que compreende a fase embrionária e fetal) e pelo aumento em tamanho dessas células (processo de hipertrofia, período após o nascimento) (OWENS et al., 1993). Desta forma, esse aumento da massa corporal é caracterizado pelo excedente entre a quantidade de proteína sintetizada e degradada (KOOHMARAIE et al., 2002).

Na fase de crescimento ocorre aumento de tamanho e peso dos animais, além de acúmulo de gordura, proteína, água e cinzas na forma de tecido adiposo, muscular e ósseo, em função do tempo (FERNANDES et al., 2005; ALBERTINI et al., 2015).

Os diferentes tecidos que compõem a carcaça crescem e desenvolvem de forma diferenciada. A curva de crescimento em bovinos apresenta forma sigmoide (Figura 1), representando a velocidade de crescimento através do peso vivo em função do tempo (idade) (BERG E BUTTERFIELD, 1976).

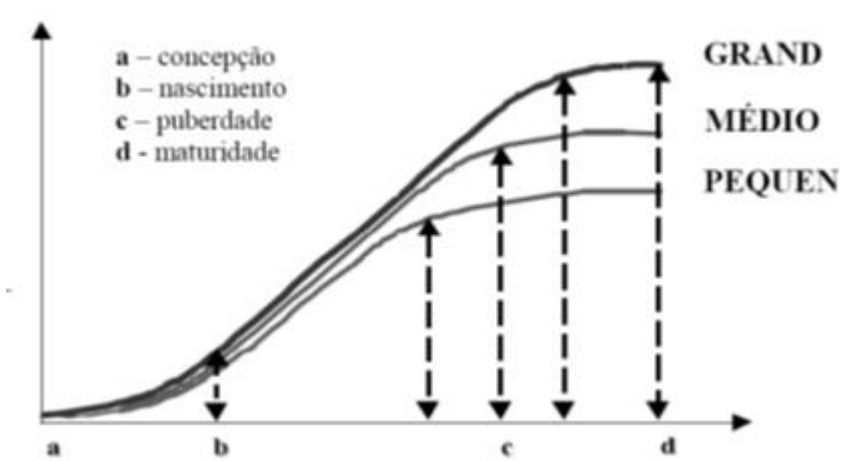


Figura 1. Curva de crescimento de bovinos de diferentes frame-size. Adaptado de OWENS et al. (1993)

A curva apresenta duas fases distintas de crescimento, aceleração e desaceleração. A fase de aceleração é o período de maior crescimento de tecido ósseo e muscular, compreendendo a fase do nascimento à puberdade (ponto de inflexão na curva); e a fase de desaceleração, onde crescem mais lentamente e ocorre um aumento crescente na taxa de deposição de tecido adiposo (BERG E BUTTERFIELD, 1976).

Embora exista alguma deposição de tecido adiposo durante a fase de desenvolvimento muscular e ósseo, a intensificação no crescimento ocorre quando o desenvolvimento ósseo está completo e o muscular se aproxima do seu ponto de crescimento máximo (Owens et al., 1993).

Neste contexto, a escala de deposição dos tecidos segue uma ordem gradativa: osso, músculo e gordura. Com isso, pode-se inferir que o tecido ósseo é considerado de maturação precoce, o tecido muscular de maturação intermediária e o tecido adiposo de maturação tardia (GOMIDE et al., 2013; ALVES et al., 2015).

Além disso, a eficiência no crescimento pode ser influenciada pela nutrição, genética, sexo, entre outros (LANNA, 1997). Animais submetidos a uma adequada alimentação mantêm o crescimento e desenvolvimento normal dos tecidos, devido ao aporte de nutrientes distribuídos entre os diferentes tecidos e órgãos, atendendo primeiramente os mais vitais (RAMOS E GOMIDE, 2007). Em períodos de restrição alimentar o inverso acontece, e as reservas dos tecidos menos vitais (gordura, músculo e em até certo ponto os ossos), são utilizadas para preservar aqueles essenciais à vida (LUCHIARI FILHO, 2000).

De acordo com Rodrigues et al. (2010), o crescimento de fêmeas e machos apresenta diferenças pela composição e distribuição entre os tecidos. Embora as fêmeas amadureçam mais cedo, os machos são maiores e mais pesados na mesma idade.

Além disso, as novilhas atingem a maturidade mais cedo em comparação aos machos, portanto, entram na fase de engorda mais cedo, apresentando menor peso de carcaça em comparação a novilhos, porém, com maior acúmulo de gordura (BERG E BUTTERFIELD, 1976).

Segundo Gomide et al. (2013), as discrepâncias no desenvolvimento corporal entre machos e fêmeas são associadas aos andrógenos (hormônios dos testículos, androsterona e testosterona), estimulam o desenvolvimento muscular aumentando a síntese proteica com menor deposição de gordura e aos estrógenos (hormônios sexuais do ovário, estrogênio e progesterona) que favorecem a síntese e deposição de gordura. Desse modo, em um mesmo peso as fêmeas se apresentam mais gordas, enquanto os machos mais magros e musculosos.

2.4 Composição da carcaça

Define-se carcaça como sendo o animal abatido, sangrado, esfolado, eviscerado, desprovido de cabeça, patas, rabada, glândulas mamárias na fêmea e testículos e verga no macho. Consiste substancialmente de tecido muscular, adiposo, ossos e resíduos como tendões, outros tecidos conjuntivos grandes, vasos sanguíneos, etc (LAWRIE, 2005).

Uma carcaça de qualidade é aquela que apresenta grande quantidade de músculo, o mínimo de osso e uma quantidade adequada de gordura (BERG E BUTTERFIELD, 1976). Neste contexto, a porção comestível da carcaça (músculo esquelético) destaca-se como o componente mais importante por ser mais desejado pelo consumidor e de maior valor comercial.

O músculo esquelético, de contração voluntária, é constituído principalmente pelas fibras musculares, sendo responsável pela sustentação e pelo movimento do animal (GOMIDE et al., 2013). Com exceção dos animais excessivamente gordos, constituem cerca de 35% a 65% do peso da carcaça e

apresentam-se ligados a ossos, ligamentos, fâscias, cartilagens ou peles (GUIMARAES E ADELL, 1995).

O tecido adiposo é um tipo de tecido conjuntivo formado pelo acúmulo de células adiposas (adipócitos) que armazenam gordura e exercem funções como, reservatório de energia, modelação do corpo, preenchimento de espaços entre tecidos, fonte de calor e isolante térmico (GOMIDE et al., 2013).

Em função do isolamento térmico que proporciona é de fundamental importância à obtenção de um produto com um nível mínimo de gordura, que propicie um adequado resfriamento da carcaça e processamento da mesma, garantindo um produto de boa qualidade ao consumidor (ZERVOUDAKIS et al., 2001).

A deposição de gordura na carcaça é realizada em proporções diferentes e em quatro áreas distintas: gordura visceral (renal, pélvica e cardíaca) corresponde a 13% da gordura, a intermuscular localizada entre os músculos (42%), gordura subcutânea ou cobertura que recobre a carcaça (30%) e a intramuscular (marmoreio), presente dentro dos músculos (15%) (ALBERTINI et al., 2015). A quantidade de gordura presente na carcaça dependerá do plano nutricional, maturidade, raça, genética e sexo do animal.

Já o tecido ósseo faz parte da composição da carcaça, mas não é considerado como porção comestível. Constitui o esqueleto dos animais, cuja principal função é a sustentação dos tecidos. É composto por células, elementos fibrilares e matriz extracelular calcificada, proporcionando a rigidez e as propriedades protetoras características do esqueleto, além de armazenar íons cálcio, magnésio, sódio e sais fosfato (GUIMARÃES E ADELL, 1995).

2.4.1 Características indicativas de rendimento de carcaça

O estudo das características de carcaça é a avaliação de parâmetros relacionados aos aspectos qualitativos e quantitativos de sua porção comestível. Essas características são importantes para os vários segmentos da cadeia da carne, pois estão relacionadas à qualidade da carne e exigências do consumidor, ambas são determinantes de seu valor comercial (RODRIGUES FILHO et al., 2013).

O peso, rendimento de carcaça e dos cortes comerciais são medidas de interesse dos frigoríficos na avaliação do valor do produto adquirido e custos operacionais, visto que carcaças com pesos diferentes demandam a mesma mão-de-obra e tempo de processamento (COSTA et al., 2002). Essa variação de peso entre as carcaças pode estar relacionada à raça, sexo e plano nutricional.

A preferência dos frigoríficos por carcaças com alta porcentagem de músculo pode ser atribuída ao peso individual desses cortes na desossa (BRONDANI et al., 2006). A associação entre a área de olho de lombo e o rendimento de carcaça em cortes comercializáveis pode influenciar o valor comercial da carcaça e permitir a identificação de animais superiores quanto à musculosidade (ABOUJAOUDE et al., 2013).

Normalmente os frigoríficos exigem uma carcaça com mínimo de 3 mm de espessura de gordura, afim de, garantir a proteção da carcaça durante o resfriamento, reduzir perdas por desidratação, evitar o escurecimento externo dos músculos que recobrem a carcaça, conferindo melhor aspecto visual, além de evitar o encurtamento das fibras musculares pelo frio (*cold shortening*), prejudicando a maciez da carne (MULLER, 1987).

Por outro lado, cobertura de gordura excessiva representa toalete antes da pesagem da carcaça, o que acarreta maior custo operacional para o frigorífico, perda de peso da carcaça devido ao descarte do excesso de gordura subcutânea, pélvica e renal (COSTA et al. 2002).

Outro fator decorrente do excesso de gordura na carcaça está relacionado com prejuízos no rendimento de cortes principais (PACHECO, 2005). Arboitte et al. (2004), avaliando bovinos com diferentes pesos de abate, verificaram que a medida que os pesos aumentavam, o grau de acabamento da carcaça e teor de gordura na carne era maior, reduzindo assim o percentual de músculo.

2.5 Estrutura da carne

A carne é composta por tecido muscular, conectivo e nervoso e suas propriedades e quantidades são responsáveis por sua qualidade e maciez (ALVES E MANCIO, 2007).

A unidade de organização estrutural do músculo é a fibra muscular, responsável por cerca de 75% a 92% do volume total do tecido, sendo o restante constituído pela matriz extracelular, tecido conjuntivo, fibras nervosas e vasos sanguíneos (GOMIDE et al., 2013).

Segundo Luchiari Filho (2000), o músculo esquelético é recoberto por uma densa camada de tecido conjuntivo (epimísio); os feixes que constituem o músculo são envolvidos por camadas mais finas (perimísio) e entre os feixes musculares são encontrados grupos de células de tecido adiposo, pequenas veias e terminações nervosa; e uma camada mais delicada que recobre as fibras musculares (endomísio).

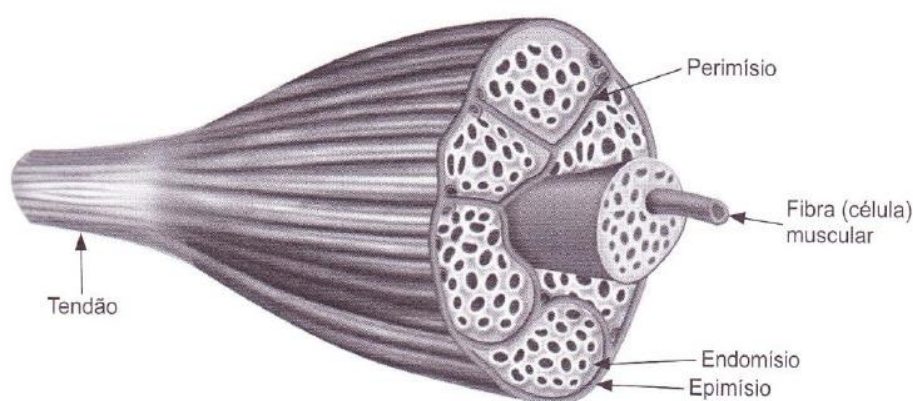


Figura 2. Tecido conjuntivo no músculo. Adaptado de Trindade e Junior (2008).

Os músculos são classificados como vermelho ou branco baseado na sua intensidade de cor, devido à proporção existente de fibras vermelhas (Oxidativas) ou brancas (Glicolíticas). Os músculos vermelhos são ricos em fibras oxidativas que possuem grande quantidade de mitocôndrias e diferenciam-se dos brancos pela alta concentração de ferro contido nas globinas, especialmente na mioglobina (GONDIM, 2013).

A relação entre os dois tipos de fibras tem implicação direta na forma de processamento e armazenamento da carne e também sobre as características de qualidade, pois afetam a maciez, a textura, suculência, rendimento da carne e o sabor (RAMOS E GOMIDE, 2007).

Considerada a base celular do músculo vivo, as fibras musculares são constituídas de uma membrana externa (sarcolema) e de um citoplasma diferenciado (sarcoplasma) que está praticamente tomado pelas miofibrilas

(ALVES E MANCIO, 2007). As miofibrilas são elementos contráteis intracelulares, estruturas cilíndricas compridas e delgadas, banhadas pelo sarcoplasma, com espessura de 1 a 2 μ , estendendo-se por todo o comprimento da fibra muscular (LUCHIARI FILHO, 2000).

A estrutura da miofibrila (Figura 2) é formada por um agrupamento ordenado de filamentos finos (actina) e grossos (miosina) paralelos entre si, e sua distribuição ao longo da miofibrila forma a banda I do sarcômero (faixas claras), dividida ao meio pela linha Z e banda A (faixas escuras) que caracterizam as estrias do músculo esquelético (GUIMARÃES E ADELL, 1995).

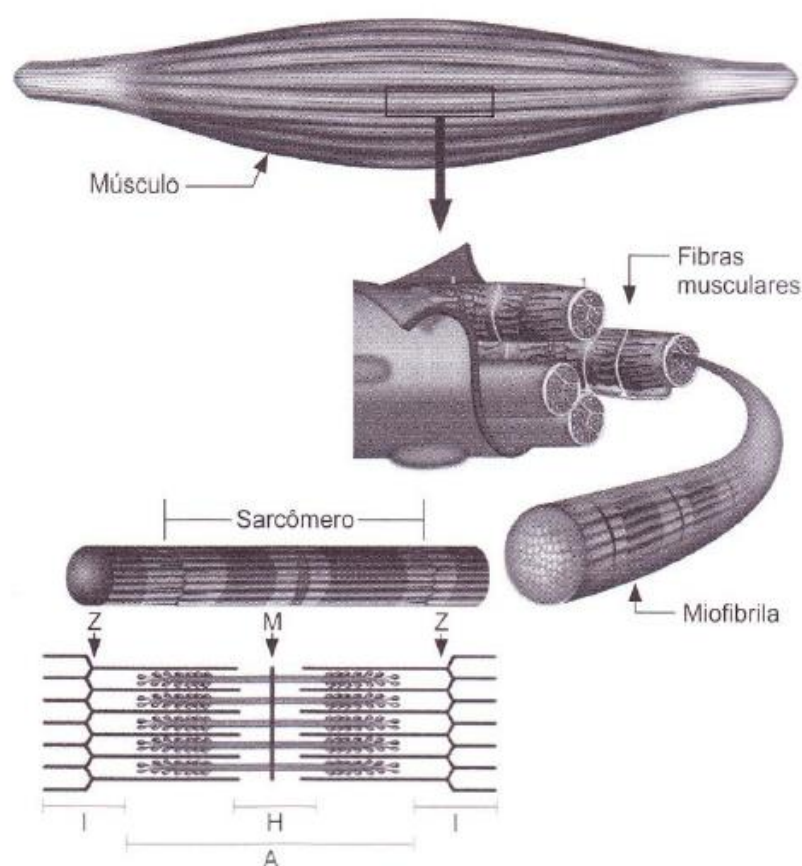


Figura 3. Organização estrutural da fibra muscular. Adaptado de Trindade e Junior (2008).

O sarcômero, importante no ciclo de contração e relaxamento do músculo, é descrito como a menor unidade contrátil estrutural repetitiva da miofibrila, compreendendo uma banda A e duas meias bandas I, que se localizam a cada lado da banda A ou a distância entre duas linhas Z (LUCHIARI FILHO, 2000; ALVES et al., 2005).

Durante a contração muscular, os miofilamentos finos deslizam sobre os miofilamentos grossos em direção ao centro do sarcômero, encurtando a Banda I, enquanto a Banda A permanece constante, ocasionando o encurtamento dos sarcômeros (RAMOS E GOMIDE, 2007). O relaxamento é o restabelecimento do estado de repouso do músculo.

O encurtamento do sarcômero pode levar ao endurecimento ou amaciamento da carne, dependendo do nível que ocorre. Segundo Ramos e Gomide (2007), com o grau de encurtamento entre 0 e 20%, a dureza da carne permanece constante ou com ligeiro aumento, a extensão desse encurtamento a níveis maiores (20 a 40%) acarreta aumento da dureza. Entretanto, ocorre um declínio acentuado quanto para valores acima de 60%, devido à fragmentação da estrutura muscular (RAMOS E GOMIDE, 2007).

2.6 Atributos de qualidade da carne bovina

Os atributos da carne podem ser classificados em qualidade visual (aspectos que atraem ou repelem o consumidor), qualidade gustativa (atributos que despertam ou não o interesse na aquisição do produto), qualidade nutricional (alimento nutritivo que atenda as exigências para uma vida saudável) e segurança (aspectos higiênico-sanitários e a presença ou não de contaminantes químicos) (FEIJÓ, 1999).

Nesse contexto, a carne bovina se enquadra como um alimento de excelente valor nutritivo e para ser atrativa ao consumidor deve apresentar os aspectos organolépticos desejáveis para compra (ANDRIGHETTO et al., 2010).

As variações qualitativas da carne bovina podem ser expressas pela alteração de suas características de cor, maciez, sabor, suculência e perdas de líquidos e são constantemente avaliadas pelo consumidor (BONIN, 2008). Essas variações envolvem diversos fatores interrelacionados como as condições de manipulação, armazenamento, embalagem, comercialização e a forma de preparo para o consumo (LUCHIARI FILHO, 2000).

2.6.1 Cor

O consumidor tende a avaliar a qualidade da carne por parâmetros sensoriais relacionados à aparência do produto como cor, tipo de corte, embalagem, entre outros. Entretanto, a percepção da cor é a primeira característica avaliada pelo consumidor, destacando-se como principal fator de apreciação do produto no ato da compra.

A cor da carne é um aspecto importantíssimo na comercialização, visto que, a cor vermelha brilhante é associada a carne fresca de boa qualidade, ao passo que, a coloração mais escura no produto sofre maior rejeição pelo consumidor que relaciona essa característica à carne deteriorada e de pior qualidade (BRONDANI et al., 2006).

Na carne fresca a coloração é causada pelo pigmento presente no sarcoplasma das fibras musculares, a mioglobina, que tem o papel de armazenar oxigênio no músculo, (GOMIDE et al., 2013). Em condições normais, pode se apresentar em três formas básicas com variação na cor de acordo com a sua proporção relativa e distribuição: deoximioglobina (coloração vermelho purpura), oximioglobina (coloração vermelho brilhante) e metamioglobina (coloração marron) (FEIJÓ, 1999).

A mioglobina pode sofrer alterações de sua coloração devido a fatores como espécie, sexo, idade, localização anatômica do músculo, atividade física do musculo, oxidação resultante da exposição ao oxigênio, queima pelo frio, além de fatores como cura, defumação e cocção (FEIJÓ, 1999; LIMA JUNIOR et al., 2011).

Os frigoríficos, especialmente os de bovinos, utilizam a diferença na coloração da carne oriunda da idade para avaliação e estimativa da qualidade devido ao fato de animais mais velhos apresentarem carne mais escura, resultante da maior concentração de mioglobina nos músculos (GOMIDE et al. 2013).

Animais não castrados são facilmente estressados durante a apartação, carregamento, transporte e abate (ANDRIGHETTO et al., 2010). Segundo Luchiari Filho (2000), animais que sofrem estresse pré-abate tendem a apresentar carne de coloração mais escura DFD (Dark, Firm and Dry), devido

a utilização parcial ou total das reservas de glicogênio antes do abate que interfere na queda normal do pH no pós abate.

Por outro lado, bovinos terminados a pasto por desempenharem maior atividade física e serem abatidos mais velhos, exigem do organismo maior oxigenação, logo, apresenta maior quantidade de pigmentos de mioglobina no músculo, consequentemente, apresentando carne mais escura, em relação aos alimentados em confinamento (FELÍCIO, 1999).

Segundo Muchenje et al. (2009), em bovinos, as médias de luminosidade variam entre 33,2-41,0, as médias de a^* entre 11,1-23,6 e as médias de b^* entre 6,1-11,3.

Alguns métodos podem ser utilizados para avaliação da cor como o espaço $L^* a^* b^*$ (CIELab) e CIE $L^* C^* H^*$. De acordo com o manual de avaliação de cor da American Meat Science, AMS, (2012), no espaço CIELAB, o L^* indica luminosidade, aumentando a partir da parte inferior para a superior do modelo tridimensional e a^* e b^* são as coordenadas de cromaticidade, onde o eixo a estende-se a partir de um verde ($-a^*$) para o vermelho ($+a^*$) e o eixo b do azul ($-b^*$) para o amarelo ($+b^*$). Em cada uma dessas direções (eixos a e b), quando se caminha para as extremidades tem-se maior saturação da cor (FELÍCIO, 1999).

O espaço de cor $L^* C^* H^*$ é semelhante ao CIELab. O L^* indica o valor da luminosidade da cor, parâmetro pelo qual se distingue cores claras e escuras, o C^* (Chroma) representa a intensidade ou grau saturação de uma cor, a qualidade pela qual se diferencia cores fortes e fracas e H^* (Hue) é o ângulo de tonalidade, a qualidade que possibilita reconhecer a família de cor (vermelho, verde, azul, etc) (AMSA, 1991).

Segundo Konica Minolta (2015), o valor de saturação representa a distância do eixo de luminosidade e inicia em zero no centro. Já o ângulo de tonalidade começa no eixo $+a^*$, e se movimenta em sentido anti-horário, sendo expresso em graus (Figura 3). Alguns profissionais da indústria preferem este espaço porque seu sistema se correlaciona melhor com a forma como o olho humano percebe a cor (KONICA MINOLTA, 2015).

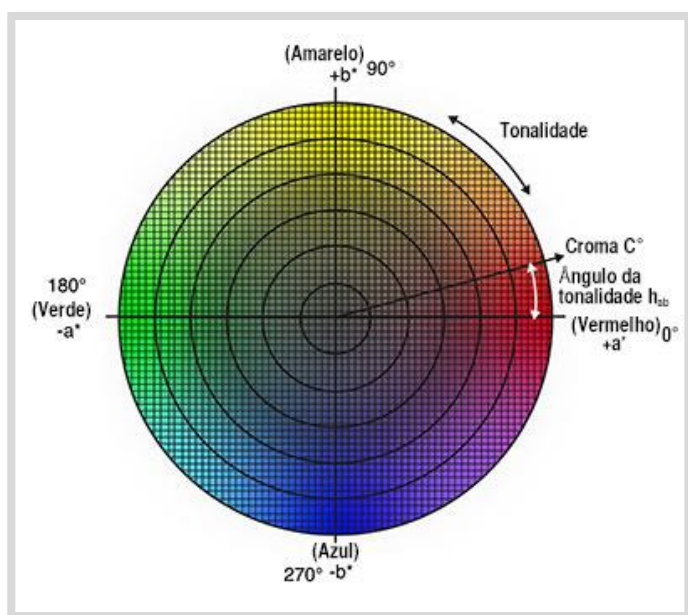


Figura 4. Representação das escalas de cor do sistema $L^*C^*h^*$. Adaptado de Konica Minolta Sensing Americas.

2.6.2 Sabor e suculência

O sabor corresponde ao conjunto de impressões olfativas e gustativas, provocadas antes da sua ingestão, durante a mastigação e após a deglutição do alimento, sendo influenciado pelas características organolépticas (PINHEIRO et al., 2006).

Já a suculência da carne, ligada a capacidade de retenção de água (CRA) e seu conteúdo de gordura, pode apresentar-se sobre duas formas sensoriais, inicialmente de umidade ao começar a mastigação, pela rápida liberação de suco e pelo efeito estimulante da gordura sobre o fluxo salivar, ocasionando no aumento do sabor e maciez, tornando-a fácil de ser mastigada (OSÓRIO et al., 2009; MACIEL et al., 2011).

A perda excessiva de água por parte do músculo significa perda de peso, sabor e suculência, interferindo não somente na maciez da carne como em suas propriedades nutritivas (PAULINO, 2013). Costa et al. (2008) salientam que uma CRA adequada e um bom nível de gordura intramuscular (marmoreio), pode favorecer uma maior suculência e melhor sabor da carne.

2.6.3 Maciez

A principal característica organoléptica do produto cárneo, na preferência do consumidor, é a maciez, ligada diretamente a satisfação de consumo do produto, não sendo possível sua avaliação visualmente.

A rigidez do músculo após o estabelecimento do *rigor mortis* pode ser dividida em dureza residual, relacionada à quantidade e solubilidade do tecido conjuntivo, constituído de colágeno e elastina, ou dureza de actomiosina, a rigidez decorrente da estabilidade das ligações intracelulares entre actina e miosina (REZENDE, 2011).

O grau de maciez será determinado pelo estado de contração *pós-rigor* e pelo comprimento da unidade contráctil do músculo, o sarcômero (Figura 4) (GOMIDE et al., 2013). Segundo o autor, a quantidade de encurtamento do sarcômero, pode causar o endurecimento ou amaciamento da carne. O encurtamento de até 40% por exemplo, leva a um aumento gradual da dureza, no entanto, a extensão desse encurtamento a níveis maiores proporciona aumento da maciez.

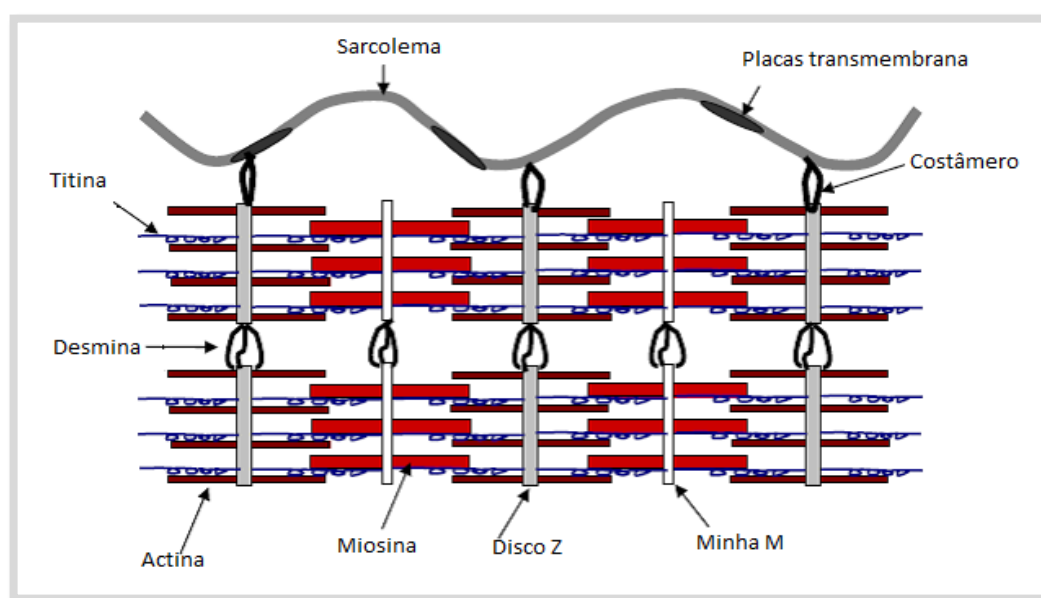


Figura 5. Esquema representativo dos componentes do sarcômero. Adaptado de Kemp et al. (2010)

Grande parte do processo de amaciamento da carne no *post mortem* ocorre durante a estocagem refrigerada ou maturação e consiste na proteólise

dos componentes estruturais das proteínas miofibrilares presentes no tecido muscular (KIRINUS et al., 2014). As principais enzimas atuantes no amaciamento da carne são as Calpaínas e as Catepsinas.

De acordo com Koohmaraie (1992), durante o processo de proteólise, numerosas alterações ocorrem no músculo esquelético, resultando na perda da integridade estrutural e no amaciamento. Essas alterações envolvem o enfraquecimento ou degradação do disco Z, que leva à fragmentação das miofibrilas, desaparecimento da Troponina T, degradação da Desmina, Titina e Nebulina, porém, a miosina e actina não são afetadas pela proteólise muscular (KOOHMARAIE, 1992).

O complexo proteolítico cálcio-dependente apresenta dois tipos de calpaínas responsável pelo processo de amaciamento, a calpaína tipo I ou μ -calpaína e a calpaína tipo II ou m-calpaína (GOLL et al., 1991). A μ -calpaína requer quantidades micromolares de cálcio (1 μ M a 10 μ M), sendo bastante eficiente no amaciamento da carne nas primeiras 10 horas que decorrem o abate, ativada quando o pH decai de 6,8 para aproximadamente 5,7 e a m-calpaína requer quantidades milimolares de cálcio (50 mM a 70 mM) e é ativada quando o pH está em torno de 5,7 (SIQUEIRA et al., 2007). Essas enzimas alteram a estrutura muscular devido à degradação da linha Z do sarcômero, que conduz a degradação das miofibrilas e das proteínas estruturais do tecido muscular (desmina, nebulina e titina) (ALVES et al., 2005).

Outras enzimas atuantes no processo de amaciamento são as catepsinas. As catepsinas são consideradas proteínas ácidas que atuam em pH menor que 6,0, sendo ativas na degradação da linha Z, além de degradar a miosina e a actina e exercer atividade sobre o colágeno (RAMOS E GOMIDE, 2007).

Vários fatores influenciam a maciez da carne de forma positiva ou negativa, entre esses fatores pode-se destacar a raça, a idade ao abate, o sexo, a alimentação, o uso de agentes hormonais (agentes β -adrenérgicos), tratamentos *post mortem* e os fatores ambientais, além de alguns componentes estruturais como o tecido conectivo e as fibras musculares (SORIA E CORVA, 2004; ALVES E MANCIO, 2007).

De acordo com Andrighetto et al. (2006), a carne de zebuínos é menos macia que a carne de taurinos em virtude da proteólise reduzida das proteínas

miofibrilares associada à alta atividade de Calpastatina nos músculos. Em cruzamentos entre bovinos *Bos indicus* e *Bos taurus* a maciez da carne diminui consideravelmente quando a proporção do genótipo *Bos indicus* ultrapassa 25%, devido ao aumento da Calpastatina e conseqüentemente o aumento da força de cisalhamento, resultando em carne de pior maciez (RUBENSAM et al., 1998).

A maturidade do animal é outro fator a influenciar a maciez da carne. Saianz e Araujo (2001) relatam que animais jovens tendem a apresentar carne com maior maciez, no entanto, diminui com o avanço da idade, devido ao acúmulo e à maturação do tecido conjuntivo das fibras musculares e também a uma menor fragmentação das miofibrilas após o abate.

Com o avanço da idade do animal, ocorrem aumento e estabilidade das ligações químicas (pontes cruzadas) entre as fibras de colágeno antes solúvel, ocasionando em relativa insolubilidade e resistência do tecido conectivo tornando-se de difícil desnaturação, portanto, dificultando a ação enzimática, sendo resistente a tratamentos térmicos até 70°C (GOMIDE et al., 2013).

A condição sexual do animal também afeta a maciez da carne, sendo que animais castrados tendem a apresentar carne mais macia que não castrados (ANDRIGHETTO, 2010). Animais castrados têm menor quantidade de tecido conjuntivo e colágeno e mais gordura subcutânea que auxilia a reduzir o encurtamento das fibras pelo frio (*“cold shortening”*), melhorando a maciez (LUCHIARI FILHO, 2000).

A maciez pode ser medida pelo método subjetivo que se utiliza de painel sensorial ou objetivo pela força de cisalhamento. Nas análises sensoriais, um grupo de pessoas treinadas classifica a carne em relação à maciez após terem provado as amostras, posteriormente atribuem uma nota, obedecendo a escala de 1 a 9, sendo: 1 = extremamente dura; 2 = muito dura; 3 = dura; 4 = maciez levemente abaixo da média; 5 = maciez média; 6 = maciez levemente acima da média; 7 = macia; 8 = muito macia e 9 = extremamente macia (MULLER, 1987).

Pelo método objetivo, utiliza-se o equipamento texturômetro ou Warner–Bratzler Shear Force mecânico, que medem a força necessária para o cisalhamento de uma seção transversal de carne (RAMOS E GOMIDE, 2007).

Valores de força de cisalhamento indicam a força exercida na amostra, em kg, capaz de promover seu completo cisalhamento, sendo que, quanto menor a força empregada para o rompimento das fibras mais macia será a carne (BONIN, 2014).

2.6.4 Marmoreio

O marmoreio (gordura intramuscular), representa o tecido adiposo que se deposita entre os feixes de fibra muscular, sendo a última fração a ser depositada na carcaça (MULLER, 1987; OWENS et al., 1993). Escores de marmorização mais elevados estão significativamente associados com sabor e suculência (SHIN et al., 2012).

De acordo com Sainz e Araujo (2001) a marmorização da carne aumenta com a idade e acabamento do animal. Neste sentido, os teores de gordura intramuscular são influenciados pelo tipo de sistema de produção, onde sistemas predominantemente a pasto produzem carne com menores teores de gordura intramuscular (MACIEL et al., 2011).

Fatores genéticos possuem alta influência sobre o nível de deposição de gordura intramuscular. A deposição de gordura intramuscular é diferente entre as raças e, mesmo dentro de uma mesma origem racial os animais podem apresentar maior ou menor deposição de gordura intramuscular (ALVES et al., 2005). Segundo Burrow (2001), raças de origem britânica apresentam maior capacidade de deposição de gordura de marmoreio e raças zebuínas e continentais baixa deposição de gordura intramuscular .

2.6.5 pH

No músculo vivo o pH situa-se ao redor de 7,0. Como o aporte de oxigênio é interrompido, a produção de energia ocorre através da glicólise anaeróbica e as reservas de glicogênio do músculo são transformadas em ácido lático, o acúmulo deste ocasiona a diminuição do pH muscular (LUCHIARI FILHO, 2000).

Quando as quantidades de glicogênio após o abate são satisfatórias, a produção de ácido lático e a redução do pH ocorrem normalmente sem

influência sobre a qualidade da carne, com pH final entre 5,6 e 5,8 (MACIEL et al., 2011).

Para a indústria, a medida de pH é feita na carne resfriada após 24 horas visando desqualificar as carcaças com pH >5,9 e pH < 5,2. Em contrapartida, para métodos científicos, o maior número de medições determina uma maior acurácia para o processo, porém é preconizado na 1ª hora e às 24 horas após o abate (MACIEL et al., 2011). O mesmo autor relata que o efeito do pH sobre a estabilidade da coloração é importante, devendo ser considerado o pH final alcançado no *rigor mortis* e a queda deste no pré-rigor.

O pH é uma medida importante para detectar mudanças na aparência da carne e em suas características químicas e físicas que possam resultar em carnes consideradas PSE (Pale, Soft and Exsudative) e DFD (Dark, Firm and Dry). Essas mudanças são prejudiciais pela recusa do consumidor a esse tipo de produto e por problemas no processamento e aproveitamento pela indústria (MACIEL et al., 2011).

A carne PSE, é comumente encontrada em suínos, pois, são extremamente sensíveis ao estresse durante o manejo pré-abate (MOURA et al., 2015). Por apresentar valores de pH final (pH_{24h}) inferiores a 5,5 a carne PSE possui boa conservação do ponto de vista microbiano, entretanto, sua vida útil é restrita, pois a acidez elevada favorece processos oxidativos e sua utilização pela indústria é comprometida por apresentar coloração menos intensa, baixa CRA e capacidade emulsionante, prejudicando a elaboração de produtos que necessitam de ligação entre os pedaços de tecidos musculares (GOMIDE E FONTES, 2013).

A carne com características DFD, comumente chamada de Dark Cutting, é encontrada em bovinos e ocorre quando há problemas de estresse antes do abate. Durante o processo de transformação do músculo em carne, a falta de glicogênio afeta a correta acidificação do músculo, resultando em carne com pH elevado (pH>5,9), o que ocasiona carne tipo DFD (LOPES et al., 2012).

Com o pH elevado, o músculo aumenta sua CRA devido a pouca desnaturação das proteínas miofibrilares responsáveis pela ligação da água na fibra muscular, resultando em uma carne com aspecto seco (GOMIDE et al., 2013). Além disso, a carne com pH elevado apresenta coloração mais escura

em decorrência do baixo grau de desnaturação dos pigmentos de mioglobina e diferenças de absorção e dispersão da luz (GOMIDE et al., 2013). Esse tipo de carne não é necessariamente imprópria para consumo, contudo, devido a sua má aparência, é rejeitada pelo consumidor.

2.7 PCR em Tempo Real (qPCR)

A técnica da qPCR foi proposta em função da limitação da reação PCR tradicional em apresentar somente resultados qualitativos, limitando-a para estudos quantitativos (GANDRA et al., 2008).

A qPCR permite a quantificação dos ácidos nucleicos (DNA e RNA) com maior precisão e reprodutibilidade (GACHON et al., 2004; VALONES et al., 2009). Podendo ser aplicada para validação de resultados de microarraios, avaliação de mutações, genotipagens, entre outros (NASCIMENTO et al., 2010).

Na amplificação observam-se três etapas: a linha basal na qual não há produtos de PCR suficientes para detectar fluorescência, a fase log em que a quantidade de produtos de PCR dobra a cada ciclo e a fase platô onde não há mais aumento no número de produtos (NOVAES E ALVES, 2004).

O *Cycle Threshold* (C_T) é o ponto que detecta o ciclo na qual a reação atinge o limiar, permitindo a quantificação exata baseado no sinal emitido pelos compostos fluorescentes, que aumenta na proporção direta da quantidade de produto da PCR (NOVAES E ALVES, 2004). Os valores da fluorescência são registrados a cada ciclo e correspondem à quantidade de produto amplificado (VALONES et al., 2009).

Entre os métodos de PCR em tempo real mais utilizadas, destaca-se o sistema TaqMan (sonda *5'-Nuclease*). O sistema explora a atividade 5' endonucleolítica da Taq DNA polimerase para clivar uma sonda de oligonucleotídeo durante a amplificação por PCR gerando um sinal detectável (GIBSON, 2006).

A sonda TaqMan apresenta na extremidade 5' um corante fluoróforo e na extremidade 3' um corante *Quencher*. Durante o processo (Figura 5), ocorre a hibridação da sonda TaqMan com a sequência alvo (sonda simples de DNA complementar) para amplificação. Na amplificação, pela ação da DNA

polimerase 5' ocorre a degradação da sonda *Quencher* durante a extensão da PCR, resultando em um aumento da intensidade da fluorescência de forma exponencial (NOVAES E ALVES, 2004). O sinal gerado pelo aumento da intensidade da fluorescência é usado para inferir a presença do alelo correspondente na amostra de DNA (GIBSON, 2006).

De acordo com Nascimento et al. (2010), a principal vantagem no uso do sistema TaqMan é a redução significativa de resultados falsos-positivos, em decorrência do sinal da fluorescência ser produzido por hibridação de sondas específicas, entretanto, para cada sequência é necessário uma sonda diferente.

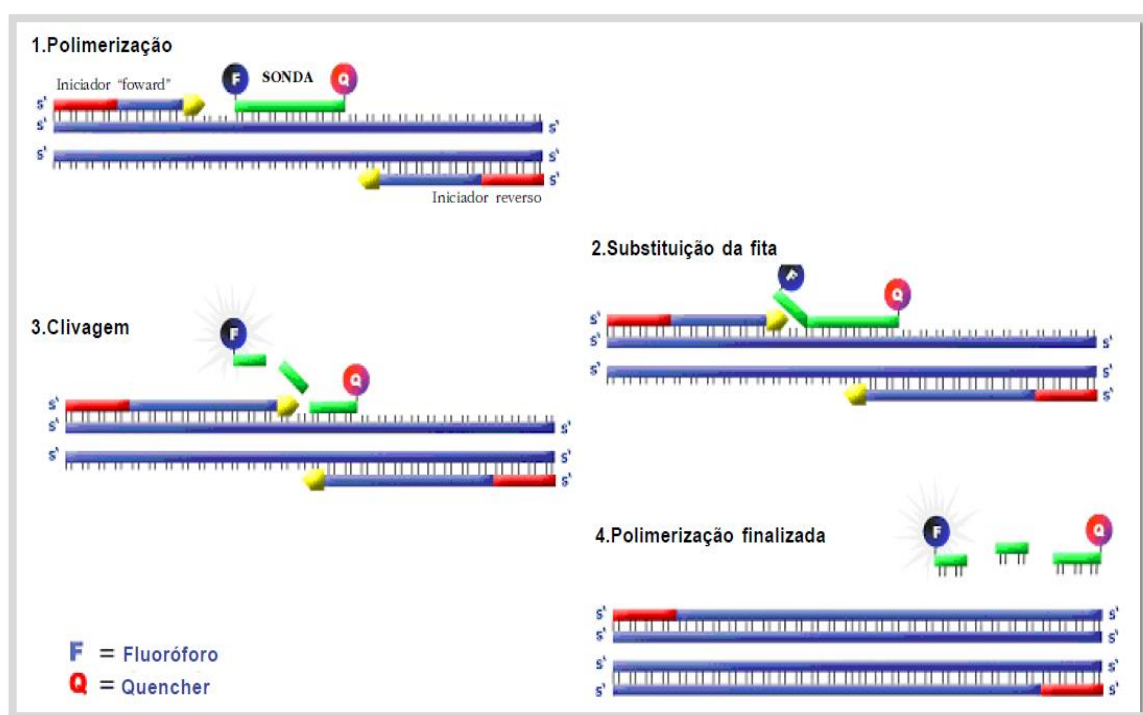


FIGURA 6. PCR em tempo real com Sistema TaqMan. Adaptado de Novaes e Alves (2004).

2. Marcadores Moleculares

A identificação do genótipo dos indivíduos para genes ligados a características de interesse econômico, por meio de marcadores moleculares, constitui uma ferramenta importante para viabilizar a seleção dos reprodutores que possuam esta característica (BLECHA et al., 2013).

Os marcadores moleculares são toda e qualquer característica herdável presente no DNA e que diferencia dois ou mais indivíduos (FALEIRO, 2007; SALMAN et al., 2009; RESENDE, 2009).

Uma grande quantidade de informações úteis para programas de conservação, caracterização e melhoramento genético podem ser geradas por meio de marcadores moleculares, como: identidade genética, diversidade, frequência gênica, relacionamentos filogenéticos, mapeamento genético, seleção assistida, entre outras (FALEIRO et al., 2011).

Estas alterações ou marcas na sequência nucleotídica do DNA são denominadas de polimorfismos. Segundo Salman (2006), Polimorfismos de Nucleotídeo Único (SNPs) podem ser observados tanto em regiões codificadoras (exons) como não codificadoras (íntrons) do genoma. Em regiões codificadoras, a substituição de aminoácido na sequência proteica pode ser conservativa ou não conservativa em função das características dos aminoácidos envolvidos, podendo ocorrer modificações estruturais e funcionais na proteína (polimorfismos não sinônimos). Os SNPs silenciosos (sinônimos) não alteram a sequência proteica, entretanto, podem modificar a estrutura e a estabilidade do RNA mensageiro afetando a quantidade de proteína produzida.

As substituições mais elementares ocorrem em bases únicas da cadeia de bases nitrogenadas (Adenina, Citosina, Timina e Guanina), sendo as mais comuns às transições, onde ocorrem trocas de uma purina por outra purina (A/G ou G/A) ou de uma pirimidina por outra pirimidina (C/T ou T/C). Menos frequentes, as transversões ocorrem quando há troca de uma purina por uma pirimidina, ou vice-versa (CAETANO, 2009).

Dentre as vantagens no uso dos marcadores moleculares, destaca-se o alto grau de polimorfismo, de possibilitar a caracterização de um indivíduo a partir de células ou tecidos, de auxiliar na previsão precoce do potencial genético do animal e proporcionar a fixação de alelos desejáveis em uma população em curto espaço de tempo, possibilitando assim, o acompanhamento da característica de interesse a ele associada nas gerações futuras (FERREIRA E GRATTAPALIA, 1998; ABAD et al., 2014; KIRINUS et al., 2014).

A produção do animal é o resultado da interação genótipo e ambiente, dessa forma, o uso de marcadores moleculares pode possibilitar a seleção de

indivíduos com base no genótipo, antes mesmo da expressão do fenótipo (COUTINHO et al., 2010).

2.9 Genes FABP3 e FABP4

Os genes FABP3 (H-FABP) e FABP4 (A-FABP) são membros da família *FABP* (Proteína de ligação de ácidos graxos) composta por nove pequenas proteínas envolvidas no transporte de ácidos graxos a partir da membrana plasmática para regiões intracelulares (VEERKAMP E MAATMAN, 1995).

Segundo Gerbens et al. (1999) as proteínas FABPs podem regular o metabolismo de lipídeos, além de processos celulares como a transcrição do gene, a sinalização, crescimento e diferenciação.

Esses genes estão presentes em diferentes tecidos e possuem estrutura idêntica composta por quatro exons e três íntrons, alguns localizados na mesma região cromossômica (CHMURZYNSKA, 2006).

O gene FABP3 é uma proteína envolvida na absorção e utilização de ácidos graxos de cadeia longa (CHO et al., 2011), expressos em tecidos que possuem alta demanda de ácidos graxos como a glândula mamaria, coração e músculo esquelético vermelho (GERBENS et al., 1999; CALVO et al., 2004).

Em bovinos, o gene foi mapeado no cromossomo dois e, em suínos, no cromossomo seis em regiões de *QTL* (*loci* de características quantitativas) identificados para característica de deposição de gordura (CHO et al., 2008).

O gene FABP4 codifica uma proteína citoplasmática que liga longas cadeias de ácidos graxos e outros ligantes hidrofóbicos, desempenhando importante função na regulação da homeostase de lipídeos e glicose, sendo relatada sua associação com características de marmoreio e deposição de gordura subcutânea em bovinos (MICHAL et al., 2006).

O FABP4 está localizado no cromossomo 14 de bovinos e se expressa no tecido adiposo (Specht et al., 1996).

3.0 Objetivos

3.1 Objetivo Geral

Caracterizar e avaliar as carcaças e a carne de novilhas destinadas ao mercado de carnes nobres, utilizando metodologias qualitativas e moleculares.

3.2 Objetivos Específicos

1. Caracterizar as carcaças de novilhas destinadas ao mercado de carnes nobres;
2. Avaliar atributos de qualidade da carne de novilhas destinadas ao mercado de carnes nobres;
3. Determinar, por meio de marcadores em genes candidatos, um perfil genético molecular para esses animais;
4. Identificar possíveis associações de marcadores moleculares com características de interesse para qualidade de carcaça e da carne;

4.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTINI, T.Z.; MEDEIROS, S.R.; GOMES, R.C.; FELTRIN, G.B. Exigências nutricionais, ingestão e crescimento de bovinos de corte. In: MEDEIROS, S.R.; GOMES, R.C.; BUNGNSTAB, D.J (Eds). **Nutrição de bovinos de corte: Fundamentos e aplicações**. Brasília: Embrapa, 2015. p.107-118.

ALVES, A.L.G.C.; OSÓRIO, J.C.S.; OSÓRIO, M.T.M.; FERNANDES, A.R.M.; RIBEIRO, E.L.A.; CUNHA, C.M.; ALMEIDA, H.R.; FUZIKAWA, I.H.S. Avaliação da composição regional e tecidual da carcaça ovina. **Pubvet**, v.9, n.1, p.6-19, 2015.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Meat Color Measurement Guideliness**. Chicago, American Meat Science Association, 2012.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. Guidelines for meat color evaluation. Chicago, American Meat Science Association and National Live Stock and Meat Board, 1991.

ABAD, A.C.A.; LOPES, F.A.; PINHEIRO, J.W.; MOTA, R.A.; Marcadores moleculares e suas aplicações nas pesquisas em bovinos. **Acta Veterinária Brasília**, v.8, n.1, p.10-18, 2014.

ABOUJAOUDE, C.; BALDI, F.; ESPIGOLAN, R.; GORDO, D.M.; TONUSSI, R.L.; ALBUQUERQUE, L.G. Associação genômica entre polimorfismos de base única e área olho de lombo avaliada no período post mortem em bovinos da raça Nelore. In: Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal, 5., 2013, Uberaba. **Anais...** Uberaba: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2013. 3p.

ALVES, D.D.; GOES, R.H.T.B.; MANCIO, A.B. Maciez da carne bovina. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v.6, n.3, p.135-149, 2005.

ALVES, D.D.; MANCIO, A.B. Maciez da carne bovina - Uma revisão. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v.14, n.1, p. 193-216. 2007.

ANDRIGHETTO, C.; JORGE, A.M.; ROÇA, R.O.; SARTORI, D.R.; RODRIGUES, E.; BIANCHINI, W. Maturação da carne bovina. **Revista Eletrônica de Veterinária**. v.7, n.6, 2006.

ANDRIGHETO, C.; JORGE, A. M.; NASSER, M. D. MAESTA, S.A.; RODRIGUES, E.; FRANCISCO, C.L. Características químicas e sensoriais da carne bovina. **PUBVET**, Londrina, v. 4, n. 11, 2010.

ARBOITTE, M.Z.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; PASCOAL, L.L.; PACHECO, P.S.; SOCCAL, D.C. Características da carcaça de novilhos 5/8 Nelore – 3/8 Chalorês abatidos em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.969-977, 2004.

ARRIGONI, M.B.; ALVES JUNIOR, A.; DIAS, P.M.A.; MARTINS, C.L.; CERVIERI, R.C.; SILVEIRA, A.C.; OLIVEIRA, H.N.; CHARDULO, L.A.L. Desempenho, fibras musculares e carne de bovinos jovens de três grupos genéticos. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.10, p.1033-1039, 2004.

BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. **News concepts of cattle growth**. Sydney: Sydney University, 1976.

BITTENCOURT, C.D.L. **Classificação automática do acabamento de gordura em imagens digitais de carcaças bovinas**. 2009. 79p. Dissertação (Mestrado em informática) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

BLECHA, I.M.Z.; SIQUEIRA, F.; TORRES JUNIOR, R.A.A.; FEIJÓ, G.L.D. Análise das frequências alélicas e genotípicas de polimorfismos nos genes da Calpaína e Calpastatina em bovinos de corte. **Revista Bio InFormação**, p.167-184, 2013.

BONIN, M.N. **Estudo da influência de touro e genearcas da raça Nelore nos aspectos quantitativos e qualitativos de carcaça e da carne**. 2008. 179f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

BONIN, M.N.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P.; et al. Características de carcaça e qualidade de carne em linhagens da raça Nelore. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.10, p.1860-1866, 2014.

BORGES, B.O.; CURI, R.A.; BALDI, F.; FEITOSA, F.L.B.; ANDRADE, W.B.F.; ALBUQUERQUE, L.G.; OLIVEIRA, H.N.; CHARDULO, L.A.L. Polymorphisms in candidate genes and their association with carcass traits and meat quality in Nellore cattle. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.49, n.5, p.364-371, 2014.

BRONDANI, I.L.; SAMPAIO, A.A.M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; FREITAS, L.S.; AMARAL, G.A.; SILVEIRA, M.F.; CEZIMBRA, I.M. Composição física da carcaça e aspecto qualitativos da carne de bovinos de diferentes raças alimentados com diferentes níveis de energia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.5, p.2034-2042, 2006.

BUAINAIN, A.M.; BATALHA, M.O. Cadeia produtiva da carne bovina. **Revista Agronegócios**, v.8, p.86, 2007.

BURROW, H. Breed and crossbreeding effects on marbling. In: MARBLING SYMPOSIUM, 2001. Proceedings... Disponível em: <<http://www.beef.crc.org.au/documents/HeatherBurrow.pdf>> Acesso em: 12 agosto de 2016.

CAETANO, A.R. Marcadores SNP: conceitos básicos, aplicações no manejo e no melhoramento animal e perspectivas para o futuro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.64-71, 2009.

CALVO, J. H.; MARCOS, S.; JURADO, J. J.; SERRANO, M. Association of the heart fatty acid-binding protein (FABP3) gene with milk traits in Manchega breed sheep. **Animal Genetics**, v. 35, p. 347-349, 2004.

CARDOSO, E.G. **Engorda de bovinos em confinamento**. Campo Grande: Embrapa, 1996, 37p.

CHMURZYNSKA, A. The multigene family of fatty acid-binding proteins (FABPs): Function, structure and polymorphism. **Journal of Applied Genetics**, v. 47, n. 1, p. 39-48, 2006.

CHO, S.; PARK, T.S.; YOON, D.H.; et al. Identification of genetic polymorphisms in FABP3 and FABP4 and putative association with back fat thickness in Korean native cattle, **Molecular Biology Reports**, 41, 29–34, 2008.

CHO, K.H.; KIM, M.J.; JEON, G.J.; et al. Association of genetic variants for FABP3 gene with back fat thickness and intramuscular fat content in pig. **Molecular Biology Reports**. p.2161–2166, 2011.

COSTA, E.C.; RESTLE, J.; VAZ, F.N.; et al. Características da Carcaça de Novilhos Red Angus Superprecoces Abatidos com Diferentes Pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.119-128, 2002.

COSTA, R.G.; CARTAXO, F.Q.; SANTOS, N.M.; QUEIROGA, R.C.E. Carne caprina e ovina: composição lipídica e características sensoriais. **Revista Brasileira da Saúde e Produção Animal**, v.9, n.3, p. 497-506, 2008.

COUTINHO, L.L.; ROSÁRIO, M.F.; JORGE, E.C. Biotecnologia animal. Estudos Avançados. 2010, vol.24, n.70, p. 123-147.

DI MARCO, O.N. **Crecimiento de vacunos para carne**. 1.ed. Mar del Plata: Balcarce, 1998. 246p

FALEIRO, F.G. **Marcadores genéticos-moleculares aplicados a programas de conservação e uso de recursos genéticos**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007.102p.

FALEIRO, F. G.; ANDRADE, S. R. M. de.; REIS JÚNIOR, F. B. (Org.). **Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011, 1 ed, 730p.

FEIJÓ, G. L. D. **Qualidade da carne bovina**. In: Curso “Conhecendo a carne que você consome”. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 1999. 25p.

FELÍCIO, P.E. Fatores ante e post-mortem que influenciam na qualidade da carne bovina In: SIMPÓSIO SOBRE PECUÁRIA DE CORTE, 4., Piracicaba, 1997. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 79-97, 1997.

FELÍCIO, P.E. Qualidade da carne bovina: Características físicas e organolépticas. In: Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 36., Porto Alegre, 1999. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p. 1-11, 1999.

FERNADES, H.J.; PAULINO, M.F.; MARTINS, R.G.R. et al. Crescimento de componentes corporais de três grupos genéticos na fases de recria e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.288-296, 2005.

FERREIRA, M.E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. 3.ed. Brasília: Embrapa-Cenargen, 1998, 220p.

GACHON, C.; MINGAM, A.; CHARRIER, B. Real-time PCR: what relevance to plant studies?. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.402, 1445-1454, 2004.

GANDRA, E.A.; GANDRA, T.K.V.; MELLO, W.S.; GODOI, H.S. Técnicas moleculares aplicadas à biologia de alimentos. **Acta Sci. Thecnol.**, v. 30, n. 1, p. 109-118, 2008.

GERBENS, F.; VAN ERP, A.J.M.; HARDERS, F.L.; VERBURG, F.J.; MEUWISSEN, T.H.E.; VEERKAMP, J.H.; TE PAS, M.F.W. Effect of Genetic Variants of the Heart Fatty Acid-Binding Protein Gene on Intramuscular Fat and Performance Traits in Pigs. **Journal Animal Science**, v.77, p. 846-852, 1999.

GIBSON, N.J. The use of real-time PCR methods in DNA sequence variation analysis. **Clinica Chimica Acta**, n. 363, p. 32-47, 2006.

GOLL, D. E.; TAYLOR, R. G.; CHRISTIANSEN, J. A.; THOMPSON, V.F. Role of proteinases and protein turnover in muscle growth and meat quality. Reciprocal Meat Conference Proceeding, v. 44, p.25–33, 1991.

GOMIDE, L.A.M.; RAMOS, E.M.; FONTES, P.R. **Ciência e qualidade da carne: Fundamentos**. Viçosa:UFV, 2013. 197p.

GONDIM, F. Bioquímica muscular, maciez da carne e melhoramento das raças zebuínas. **Revista de Política Agrícola**, n.4, p.95-108, 2013.

GOMES, R.C.; NUÑEZ, A.J.C.; MARINO, C.T.; MEDEIROS, S.R. Estratégias alimentares para gado de corte: suplementação a pasto, semiconfinamento e confinamento. In: MEDEIROS, S.R.; GOMES, R.C.; BUNGNSTAB, D.J (Eds). **Nutrição de bovinos de corte: Fundamentos e aplicações**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 119-139.

GUIMARÃES, L.J.; ADELL, E.A.A. **Estrutura e bioquímica do músculo**. DTA-FEA-UNICAMP, 1995. Apostila.

HADLICH, J.C.; CURI, R.A.; SILVA, M.G.B.; FACTORI, M.A.; SILVEIRA, A.C.; CHARDULO, L.A.L. Maciez da carne bovina e sua relação com o crescimento e

os tipos de fibras musculares. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 11, n. 4, p. 421-430, 2013.

KEMP, C. M.; SENSKY, P. L.; BARDSLEY, R. G.; BUTTERY, T. P. Tenderness – An enzymatic view. **Meat Science** v.84, p.248-256, 2010.

KIRINUS, J.K.; FRUET, A.P.B.; TEIXEIRA, C.; DORR, A.C.; NORBERG, J.L. Aplicação da genética molecular para melhoria da qualidade da carne bovina. **REGET**, v. 18, p. 165-174, 2014.

KONICA MINOLTA SENSINGS AMERICAS. 2015. Compreendendo o espaço de cor CIE L*a*b*. Disponível em: <http://sensing.konicaminolta.com.br/2015/08/compreendendo-o-espaco-de-cor-cie-lch/>. Acesso em:

KOOHMARAIE, M.; KENT, M.P.; SHACKELFORD, S.D.; VEISETH, E.; WHEELER, T.L. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? **Meat Science**, n.62, p.345-352, 2002.

KOOHMARAIE, M. The role of Ca²⁺- dependent proteases (calpains) in post mortem proteolysis and meat tenderness. **Biochimie**, p. 239-245, 1992.

LANNA, D.P.D.; ALMEIDA, R. A terminação de bovinos em confinamento. **Revista Visão Agrícola**, n.3, p.55-58, 2005.

LANNA, D.P.D. Fatores condicionantes e predisponentes da puberdade e da idade de abate. In: SIMPÓSIO SOBRE PECUÁRIA DE CORTE, 4, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.41-78, 1997.

LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384p.

LEONELLI, F.C.V.; OLIVEIRA, I.R.C. Percepção dos consumidores sobre os açougues gourmet: um estudo de multicaso. **Revista Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 18, n. 1, p. 79-91, 2016.

LIMA JUNIOR, D.D.; RANGEL, A.H.N.; URBANO, S.A.; MACIEL, M. V.; AMARO, L.P.A. Alguns aspectos qualitativos da carne bovina: Uma revisão. **Acta Veterinária Brasília**, v.5, n.4, p. 351-358, 2011.

LOPES, S.L.; LADEIRA, M.M.; MACHADO NETO, O. R.; PAULINO, P.V.R.; CHIZZOTTI, M.L.; RAMOS, E.M.; OLIVEIRA, D.M. Características de carcaça e cortes comerciais de tourinhos Red Norte e Nelore terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.4, p.970-977, 2012.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. 1.ed. São Paulo: A. Luchiari Filho, 2000. 134p.

MACIEL, M.V.; AMARO, L.P.A.; LIMA JUNIOR, D.M. Métodos avaliativos das características qualitativas e organolépticas da carne de ruminantes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.6, n.3, p.17-24, 2011.

MALAFAIA, G.C.; AZEVEDO, D.B.; BARCELLOS, J.O.J. Terroir, empreendedorismo e mecanismos de coordenação na pecuária de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.213-221, 2011.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Bovinos e Bubalinos**. _____. 2016.

MICHAL, J. J.; ZHANG, Z. W.; GASKINS, C. T.; JIANG, Z. The bovine fatty acid binding protein 4 gene is significantly associated with marbling and subcutaneous fat depth in Wagyu X Limousin F2 crosses. **Animal Genetics**, v. 37, p. 400-402, 2006.

MISSIO, R.L.; BRONDANI, I.L.; FREITAS, L.S.; SACHET, R.H.; SILVA, J.H.S.; RESTLE, J. Desempenho e avaliação econômica da terminação de tourinhos em confinamento alimentados com diferentes níveis de concentrado na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.7, p.1309-1316, 2009.

MOURA, J.W.F.; MEDEIROS, F.M.; ALVES, M.G.M.; et al. Fatores influenciadores na qualidade da carne suína. **Revista Científica de Produção Animal**, v.17, n.1, p.18-29, 2015.

MULLER, L. **Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaças de novilhos**. 2.ed. Santa Maria: UFSM, 1987. 31p.

NASCIMENTO, S.; SUAREZ, E.R.; PINHAL, M.A.S. Tecnologia de PCR e RT-PCR em tempo real e suas aplicações na área médica. **Revista Brasileira de Medicina**, v.67, 9p, 2010.

NOVAIS, C. M.; ALVES, M. P. PCR em tempo real. *Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, 33 ed., p.10-13, 2004.

NOVILHO PRECOCE MS. **Crêterios técnicos**. Disponível em: <http://www.novilhoms.com.br/criterios/#item-1>. Acesso em: 15/03/2016.

OWENS, F.N.; DUBESKI, P.; HANSON, C.F. Factors that the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3138-3150, 1993.

PAULINO, P.V.R.; DUARTE, M.S.; OLIVEIRA, I.M. Aspectos zootécnicos determinantes da qualidade de carne. In: Simpósio Brasileiro de Produção de Ruminantes, Itapetinga, 2., 2013, Itapetinga. **Anais...** Itapetinga: Simpósio Brasileiro de Produção de Ruminantes, 2013, p.8-37.

PACHECO, P.S.; RESTLE, J.; VAZ, F.N.; FREITAS, A.K.; PADUA, JT.; NEUMANN, M.; ARBOITTE, M.Z. Avaliação econômica da terminação em confinamento de novilhos jovens e superjovens de diferentes grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.309-320, 2006.

PACHECO, P.S.; SILVA, J.H.S.; RESTLE, J.; ARBOITTE, M.Z.; BRONDANI, I.L.; ALVES FILHO, D.C.; FREITAS, A.K. Características Quantitativas da Carcaça de Novilhos Jovens e Superjovens de Diferentes Grupos Genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1666-1677, 2005.

PINHEIRO, R.S.B.; SILVA SOBRINHO, A.G.; SOUZA, H.B.A.; YAMAMOTO, S.M. Características sensoriais da carne de ovinos de diferentes categorias. In: REUNIÃO NACIONAL DE ENSINO DE ZOOTECNIA, 12., 2006, Pernambuco. **Anais...** Pernambuco: Zootec, 2006.

RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade da carne: fundamentos e metodologias**. 22.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2007, 599p.

REIS, R.A.; OLIVEIRA, A.A.; SIQUEIRA, G.R.; GATTO, E. Semi-confinamento para produção intensiva de bovinos de corte. In: Simpósio Matogrossense de bovinocultura de corte, Cuiabá, I; 2011, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Simpósio Matogrossense de bovinocultura de corte, 2011, 45p.

RESENDE, F.M. **Prospecção da influência de marcadores genéticos sobre características de crescimento, carcaça e qualidade de carne em bovinos da raça Nelore**. 2009. 172f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

RESTLE, J.; ROSO, C.; SOARES, A.B. Produção animal e retorno econômico em misturas de gramíneas anuais de estação fria. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.235-243, 1999.

RODRIGUES, E.; ARRIGONI, M.B.; JORGE, A.M.; BIANCHINI, W.; MARTINS, C.L.; ANDRIGHETTO, C. Crescimento dos tecidos muscular e adiposo de fêmeas bovinas de diferentes grupos genéticos no modelo biológico superprecoces. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p. 625-632, 2010.

RODRIGUES FILHO, M.; ANDRADE, I.F.; LADEIRA, M.M.; RODRIGUES, N.E.B.; LOPES, L.S. Características de carcaça e cortes comerciais de tourinhos Red Norte suplementados com óleos de fritura e soja terminados em confinamento. **Revista Brasileira da Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.14, n.1, p.54-66, 2013.

ROSA, F.R.T.; NOGUEIRA, M.P.; TORRES JR, A.M. Confinamento x Semiconfinamento. **Revista Agronegócios**, p. 36 a 39, 2004.

SAINZ, R.D.; ARAUJO, F.R.C. Tipificação de carcaças de bovinos e suínos. Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da carne, 1., 2001. São Pedro. **Anais...** São Pedro: Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Carne, 2001. p.22-25.

SALMAN, A.K.D.; GIACHETTO, P.F.; MALAGO JR, W. Marcadores moleculares na bovinocultura de corte. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.10, n.2, 2009.

SALMAN 2006, A.K.D. **Perspectivas no uso de marcadores moleculares na bovinocultura de corte**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2006, 18p.

SHIN, S-C.; HEO, J-P.; CHUNG, E-R. Genetic variants of the FABP4 gene are associated with marbling scores and meat quality grades in Hanwoo (Korean cattle). **Molecular Biology Reports**, p.5323–5330, 2012.

SIQUEIRA, F.; TORRES JUNIOR, R.A.A.; REGITANO, L.C.A.; FEIJÓ, G.L.D. **Genética molecular aplicada a qualidade da carne bovina**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2007, 40p.

SIQUEIRA, B.L.; BINOTTO, E.; MALAFAIA, G.C.; DECISION FACTORS TO PURCHASING PREMIUM BEEF. **Business and Management Review**, v.5, n.1, p.411-424, 2015.

SOUZA, V.L.F.; AYER, I.M.; GASPARINO, E. et al. Cruzamento industrial sobre as características de carcaça e da carne de novilhos precoces. **Acta Scientiarum Animal Sciences**. Maringá, v. 32, n. 4, p. 447-453, 2010.

SORIA, L.A.; CORVA, P.M. Factores genéticos y ambientales que determinan la ternera de la carne bovina. **Archivos Latinoamericano de Producción Animal**, p. 73-88, 2004.

SPECHT, B.; BARTETZKO, N.; HOHOFF, C.; KUHL, H.; FRANKE, R.; BORCHERS, T.; SPENER, F. Mammary derived growth inhibitor is not a distinct protein but a mix of heart-type and adipocyte-type fatty acid binding protein. **Journal of Biological Chemistry**, v. 271, p. 19943-19949, 1996.

REGITANO, L. C. A., COUTINHO, L. L. *Biologia Molecular Aplicada à Produção Animal*. Ed. REGITANO, L. C. A., COUTINHO, L. L. Brasília: EMBRAPA. 2001, 215p.

TAROUÇO, J.U.; LOBATO, J.F.P.; MASSAIA, I.S.; et al. Comparação entre medidas ultra-sônicas e da carcaça na predição da composição corporal em bovinos. Estimativas do peso e da porcentagem dos cortes comerciais do traseiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2092-2101, 2007.

TRINDADE, M. A.; JÚNIOR, I.G. *Bioquímica da Carne: Bases Científicas e Implicações Tecnológicas*. In: Maria Gabriela Bello Koblitz. (Org.). **Bioquímica de Alimentos: Teoria e Aplicações Práticas**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

VALLE, E.R.; FEIJÓ, G.L.D.; ALMEIDA, A.V.L.; et al. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: Processamento da carne bovina**. 1ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 184p.

VEERKAMP, J. H.; MAATMAN, R. G. Cytoplasmic fatty acid binding proteins: their structures and genes. **Progress in Lipid Research**, v. 34, p. 17-52, 1995.

VALONES, M.A.A.; GUIMARÃES, R.L.; BRANDÃO, L.A.C.; SOUZA, P.R.E.; CARVALHO, A.A.T; CROVELA, S. Principles and applications of polymerase chain reaction in medical diagnostic fields: A review. **Brazilian Journal of Microbiology**, n.40, p. 1-11, 2009.

ZEOLA, N.M.B.L.; SOUZA, P.A.; SOUZA, H.B.A.; SILVA SOBRINHO, A.G.; BARBOSA, J.C. Cor, capacidade de retenção de água e maciez da carne de cordeiro maturada e injetada com cloreto de cálcio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.4, p.1058-1066, 2007.

ZERVOUDAKIS, J.T.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E. Desempenho e Características de Carcaça de Novilhos Suplementados no Período das Águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1381-1389, 2001.

CAPÍTULO 2 - Características de carcaça e qualidade da carne de novilhas destinadas ao mercado de carnes nobres terminadas em diferentes sistemas de produção
(Revista Brasileira de Zootecnia)

RESUMO - Objetivou-se identificar a existência de variabilidade nas características da carcaça e da qualidade da carne de novilhas destinadas ao mercado de carnes nobres, terminadas em diferentes sistemas de produção. Foram realizadas avaliações quali-quantitativas da carcaça e da carne de 148 novilhas cruzadas, terminados em confinamento e semiconfinamento. As carcaças, quanto ao peso de carcaça quente, conformação, maturidade fisiológica, acabamento, distribuição de gordura e comprimento de carcaça. A qualidade da carne no tempo zero e sete dias de maturação, quanto as características de pH, cor, marmoreio, perdas por exsudação e cozimento, extrato etéreo e força de cisalhamento. As carcaças e a carne foram analisadas em função do sistema de terminação, com o procedimento GLM do SAS. O confinamento ($P<0,05$) produziu carcaças mais pesadas com média de 216,04 kg, melhor conformação classificada como retilínea + e média espessura de gordura subcutânea 7,22 mm. O semiconfinamento produziu carcaças mais jovens com escore de 14,36 ($P<0,05$). A carne maturada oriunda de novilhas confinadas ($P<0,05$) apresentou melhor Luminosidade e Hue (40,98 e 0,77, respectivamente) e maciez de 5,50 kg. Houve variabilidade nas características de carcaça e carne de novilhas terminadas em diferentes sistemas. Sistemas de confinamento produzem carcaças e carne de melhor qualidade.

Palavras-chave: acabamento, bovino de corte, força de cisalhamento, maciez

ABSTRACT - The objective of this study was to identify the existence of variability in carcass characteristics and meat quality of heifers destined to the market of noble meat, finished in different production systems. Qualitative and quantitative evaluations were made of the carcass and meat of 148 cross bred heifers, finished in feedlot and pasture with concentrate. The carcasses, as regards warm carcass weight, conformation, physiological maturity, finish, fat distribution and carcass length. The quality of the meat at time zero and seven days of maturation, as well as the characteristics of pH, color, marbling, losses by exudation and cooking, ethereal extract and shear force. The carcasses and meat were analyzed according to the termination system, with the SAS GLM procedure. Feedlot produced ($P < 0.05$) heavier carcasses average 216.04 kg, better conformation classified as rectilinear and medium thickness of subcutaneous fat 7,22 mm. The pasture with concentrate produced younger carcasses with a score of 14.36 ($P < 0.05$). Mature meat from confined heifers ($P < 0.05$) presented better Luminosity and Hue (40.98 and 0.77, respectively) and softness of 5.50 kg. There was variability in carcass and beef characteristics of heifers finished in different systems. Feedlot systems produce better quality carcasses and meat.

Key words: beef cattle, finishing, shear force, tenderness

Introdução

A carne bovina é um alimento com excelente valor nutritivo e para ser atrativa ao consumidor deve apresentar atributos desejáveis para compra (ANDRIGHETTO et al., 2010). Neste sentido, os aspectos relativos às características qualitativas da carne e da carcaça tornam-se importantes para agregação de valor ao produto ofertado (MENDES et al., 2012).

O consumidor tende a avaliar a qualidade da carne por parâmetros relacionados à aparência, ao sabor e à maciez. A percepção da cor é a primeira característica avaliada pelo consumidor, destacando-se como principal fator de apreciação do produto no ato da compra. Entretanto, a característica organoléptica de preferência do consumidor, é a maciez, ligada diretamente a satisfação de consumo do produto.

65 Apesar da alta produtividade, a pecuária de corte nacional se caracteriza pela
66 grande variação na qualidade da carne produzida, principalmente em termos de maciez,
67 fato que pode comprometer a competitividade deste setor no mercado globalizado
68 (HADLICH et al., 2013). Assim, a variabilidade existente na qualidade da carne bovina
69 não é desejada em produtos voltados ao mercado de carnes nobres, que anseia por uma
70 constância no padrão de qualidade.

71 De modo geral, essas variações são expressas pela alteração das características
72 organolépticas da carne, e podem estar relacionadas à variabilidade genética das raças
73 bovinas utilizadas na produção de carne e aos diferentes sistemas de produção adotados
74 (LIMA JUNIOR, 2011).

75 Diante do exposto, objetivou-se identificar a existência de variabilidade nas
76 características da carcaça e da qualidade da carne de novilhas destinadas ao mercado de
77 carnes nobres, terminadas em diferentes sistemas de produção.

78

79 **Material e Métodos**

80 Foram amostradas e avaliadas 148 novilhas Angus x Nelore com idade média
81 de 13 meses e 407,5 kg de peso vivo, provenientes de 12 abates realizados entre
82 fev/2015 a fev/2016 totalizando 336 animais oriundos de uma única propriedade rural
83 localizada no município de Chapadão do Sul-MS, que utiliza semiconfinamento ou
84 confinamento como prática de terminação de animais destinados a uma parceria
85 comercial específica.

86 No Semiconfinamento as novilhas ficavam em pastagem de *Brachiaria*
87 *brizantha* cv. Marandu, sendo ofertado concentrado à base de milho grão seco, farelo de
88 soja, caroço de algodão e núcleo. As novilhas do confinamento receberam dieta de
89 silagem, milho grão seco, farelo de soja e núcleo, no consumo de 2,5% do PV.

90 Os animais foram abatidos em um frigorífico comercial localizado no
91 município de Terenos-MS (Frigorífico Frizelo), seguindo as normas higiênico sanitárias
92 e de abate humanitário (RIISPOA).

93 No frigorífico, as carcaças foram avaliadas quali-quantitativamente (MULLER,
94 1987; BRASIL, 1989 e AMSA, 1995) para peso de carcaça quente, conformação,
95 maturidade fisiológica, acabamento, distribuição da gordura de cobertura e
96 comprimento de carcaça.

97 Após resfriamento de 24 horas, as carcaças foram enviadas à empresa Vermelho
98 Grill Carnes & Cortes (Campo Grande, MS), onde foram colhidas amostras de cerca de
99 10 cm de espessura cortada transversalmente ao músculo *Longissimus dorsi* na altura da
100 12ª vértebra torácica. Nessas amostras foram medidos o pH e a espessura da gordura de
101 cobertura, estimada a deposição de gordura intramuscular (marmoreio), desenhado o
102 contorno do músculo para cálculo da área de olho de lombo e tomadas as medidas
103 colorimétricas (L^* , a^* , b^* do sistema CIELab e cálculo do croma e hue
104 MACDOUGAL, 1994).

105 As amostras, após a retirada da gordura subcutânea, foram subdivididas em três
106 subamostras, uma com 1 cm de espessura e dois bifes de 2,5 cm. Um dos bifes foi
107 congelado imediatamente e o outro mantido sob maturação por 7 dias a 2-3°C antes do
108 congelamento. Após descongelamento esses bifes foram usados para a avaliação das
109 perdas por exsudação, por cocção e força de cisalhamento em um aparelho texturômetro
110 (TA.XT.Plus Texture Analyser) equipado com lâmina tipo Warner Bratzler Shear
111 (AMSA, 1995). As avaliações colorimétricas e de pH foram repetidas após o
112 descongelamento desses bifes.

113 A subamostra de 1 cm foi utilizada para a avaliação do extrato etéreo pelo
114 método AOCS Am 5-04 (2009) com um sistema de extração automática utilizando éter

115 a alta temperatura e pressão (ANKOM XT15 Extractor, ANKOM Technology,
116 Macedon, USA).

117 O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Para
118 caracterização das carcaças e da carne das novilhas foi utilizado o procedimento
119 Univariate do SAS e realizados estudos de correlação de Pearson entre as variáveis
120 analisadas. As carcaças das novilhas foram avaliadas em função do sistema de
121 terminação (Confinamento ou Semiconfinamento) em um modelo linear com o
122 procedimento GLM do SAS. Já o efeito da maturação sobre a qualidade da carne foi
123 analisado em um modelo contendo os efeitos fixos dos sistemas de terminação
124 (confinamento ou semiconfinamento), da maturação (com ou sem) e da interação entre
125 os sistemas de terminação e a maturação. Para comparação entre as médias, utilizou-se
126 o teste de Tukey a 5% de significância.

127

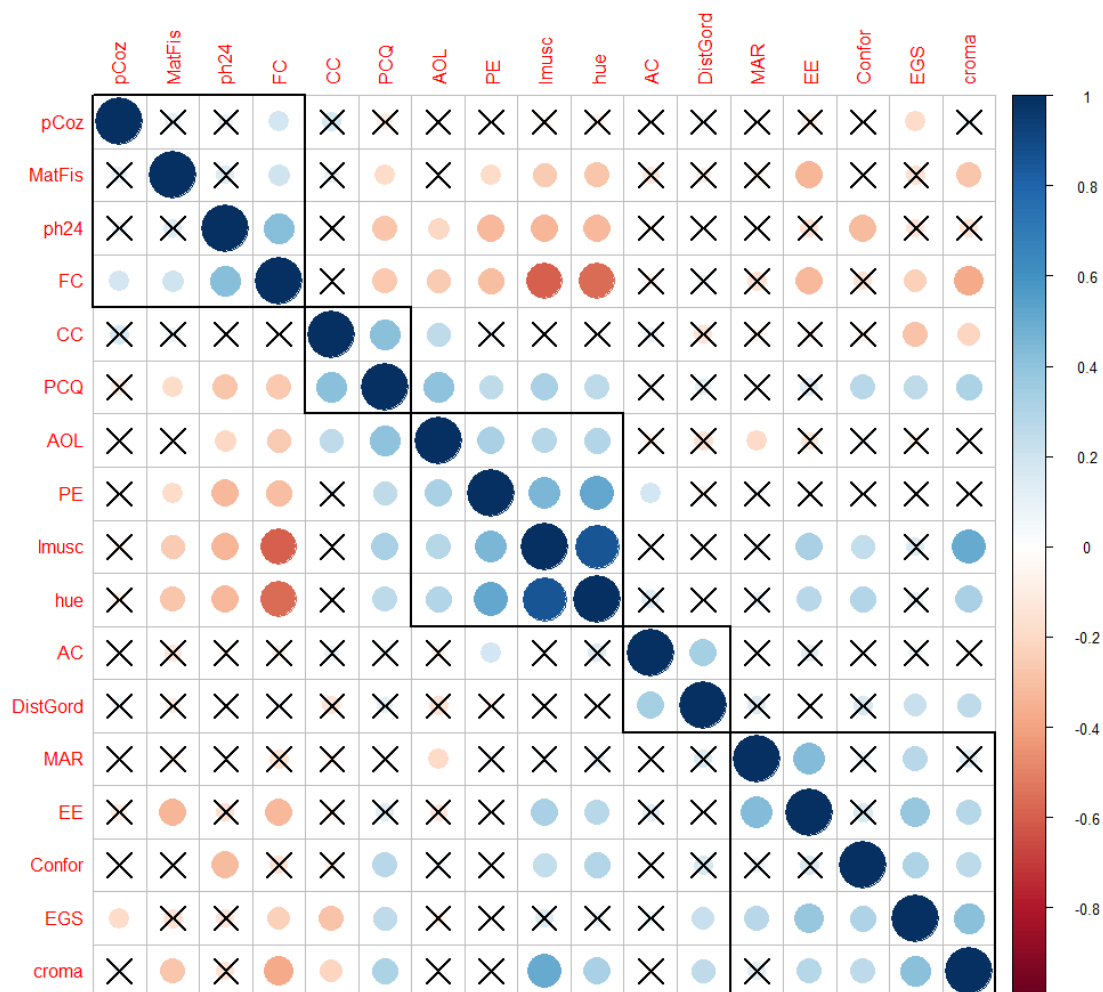
128 **Resultados e Discussão**

129

130 **Correlação entre as características da carcaça e da carne de novilhas cruzadas**

131 Na análise de correlação entre as características avaliadas (Figura 1) notam-se as
132 variáveis colorimétricas com altas correlações positivas. Foi observado correlação de
133 luminosidade com hue ($r = 0,85$) e croma ($r = 0,50$), indicando que carnes com melhor
134 luminosidade (L^* mais alto) apresentaram uma tonalidade menos vermelha (hue mais
135 alto) e mais clara (croma mais alto).

136



137

138 **Figura 1.** Correlações, conforme relacionamento de agrupamento (“clusters”), entre
 139 variáveis quali-quantitativas da carcaça e da carne de novilhas cruzadas abatidas aos 13
 140 meses de idade.

141 AC= acabamento; AOL= área de olho de lombo; CC= comprimento de carcaça; Confor= escore de
 142 conformação; cromax= variação entre claro e escuro na tonalidade da cor; DistGord = escore de
 143 uniformidade na distribuição da gordura de cobertura; EE= extrato etéreo; EGS= espessura da gordura
 144 subcutânea; hue= tonalidade da cor; lmusc = luminosidade da carne; MAR= marmoreio; MatFis=
 145 maturidade fisiológica; PCQ= peso de carcaça quente; ph24 = pH após 24 horas de resfriamento; pCoz =
 146 perdas na cocção; PE= perdas por exsudação ao descongelamento; FC= força de cisalhamento. A cor e
 147 o tamanho do círculo no cruzamento entre duas variáveis indicam, conforme escala à direita, o sinal e o
 148 tamanho das correlações significativas (P<0,05). X indica que a correlação observada não foi
 149 significativa (P>0,05). Retângulos internos indicam a formação de agrupamentos de variáveis.

150

151 As variáveis, luminosidade e hue apresentaram correlação negativa com a força
 152 de cisalhamento ($r = -0,59$ e $r = -0,57$, respectivamente), indicando que carnes mais
 153 escuras e com menor tonalidade apresentaram maior dureza (Figura 1). De forma
 154 similar, porém menos pronunciada, essas variáveis apresentaram correlação negativa
 155 com o pH 24 horas após o abate ($r = -0,33$ e $r = -0,33$, respectivamente) e com a

156 maturidade fisiológica das carcaças ($r = -0,26$ e $r = -0,28$, respectivamente) , indicando
157 que animais mais velhos e/ou com pH mais elevado apresentam carnes de pior
158 aparência. Luminosidade e hue ainda apresentaram correlação positiva com a perda por
159 exsudação ($r = 0,46$ e $0,51$, respectivamente), indicando que além de pior aparência,
160 carnes escuras tendem a produzir menos exsudato quando embaladas.

161 Cabe salientar duas correlações positivas que denotam certa obviedade (Figura
162 1), aquela observada entre o peso de carcaça quente e o comprimento de carcaça ($r =$
163 $0,41$), indicando que carcaças mais compridas também são mais pesadas, e entre o
164 escore de marmorização e o extrato etéreo ($r = 0,43$), como as duas variáveis referem-
165 se à deposição de gordura intramuscular, pode-se dizer que o escore de marmorização
166 foi efetivo em predizer a quantidade de gordura presente nas amostras.

167

168 **Efeito do sistema de terminação nas características da carcaça de novilhas** 169 **cruzadas**

170 As carcaças oriundas do confinamento apresentaram menor pH₂₄, maior peso
171 de carcaça quente, melhor conformação e maior espessura de gordura, por outro lado, as
172 carcaças do semiconfinamento foram mais jovens (menor maturidade fisiológica) e mais
173 compridas (Tabela 1).

174

175

176

177

178

179

180

Tabela 1. Características quantitativas das carcaças de novilhas Angus x Nelore, abatidas aos treze meses de idade, terminadas em dois sistemas de produção.

Variável	P<	Confinamento		SemiConfinamento	
		Média	DP	Média	DP
pH ₂₄	0,0025	5,56a	0,01	5,64b	0,02
PCQ, kg	0,0007	216,04a	1,85	203,29b	3,12
Conformação ¹	0,0276	9,13a	0,15	8,50b	0,24
Acabamento ¹	0,3068	3,37	0,08	3,21	0,13
Distribuição ¹	0,3256	2,44	0,07	2,32	0,10
MatFis ¹	0,0011	13,06b	0,21	14,36 a	0,33
CC, cm	0,0026	121,82b	0,42	124,21a	0,65
AOL, cm ²	0,6593	76,57	1,23	75,56	1,92
EGS, mm	0,0001	7,22a	0,29	4,59b	0,44

DP= desvio padrão; PCQ= peso de carcaça quente; CC= comprimento de carcaça; AOL= área de olho de lombo; EGS= espessura da gordura subcutânea;

¹ Conformação (escores de 1 a 18); Acabamento (escala de 1 a 5); Distribuição= uniformidade da distribuição da gordura (escala de 1 a 3); MatFis= maturidade fisiológica (escala de 1 a 15);

a, b – Médias, na linha, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey (P<0,05).

Apesar da diferença entre os tratamentos, os valores de pH₂₄ observados podem ser considerados normais e foram favoráveis para garantir a qualidade das características organolépticas da carne e sua conservação, pois estão dentro da faixa ideal que varia de 5,4 e 5,8, para garantir boa vida de prateleira da carne (MACH et al., 2008), além de indicar um adequado manejo e abate dos animais (MUCHENJEA et al., 2009).

A diferença (p<0,05) no peso de carcaça quente entre os sistemas avaliados foi de 12,75 kg, revelando a superioridade do confinamento em produzir carcaças mais pesadas (Tabela 1). A média obtida foi superior ao descrito por Rodrigues et al. (2010), que observaram peso de carcaça quente de 207,62 kg para fêmeas superprecoces de

201 diferentes grupos genéticos. Kazama et al. (2008) encontraram média de 179,5 kg para
202 novilhas Angus x Nelore confinadas, o que é inferior aos valores observados nos dois
203 sistemas avaliados neste estudo. O peso de carcaça está relacionado ao peso vivo dos
204 animais ao abate e foi influenciado pelo plano nutricional ao quais os animais foram
205 submetidos. Assim, com os resultados, pode-se inferir que o maior aporte energético
206 disponível no confinamento foi benéfico para produção de carcaças mais pesadas, com
207 porcentagens de tecido muscular e adiposo mais pronunciado, observados pela maior
208 área de olho de lombo, conformação e espessura de gordura subcutânea, indicativos da
209 quantidade desses tecidos na carcaça.

210 Independentemente do sistema de terminação, a conformação retilínea observada
211 nas carcaças é indicativa de que os animais foram abatidos em um ponto de abate
212 apropriado, apresentando boa deposição muscular. Carcaças com melhor
213 desenvolvimento muscular são preferidas pela indústria, pois, tendem a apresentar
214 maior proporção da porção comestível Muller (1987).

215 A espessura de gordura de cobertura no confinamento foi superior a observada
216 por Rodrigues et al. (2010) em estudo com novilhas superprecoces (5,87 mm) e também
217 por Muller et al. (2005) que encontraram 5,4 mm na carcaça de novilhas mestiças (Red
218 Angus x Nelore). A gordura é o tecido mais variável da carcaça, tanto em quantidade
219 quanto em distribuição, sendo depositado mais cedo por animais mais precoces que
220 tardios (RODRIGUES et al., 2010), e está relacionada ao peso de abate, idade e a
221 densidade energética da dieta (RESTLE et al., 2001). Sendo essa última a provável
222 causa da menor espessura de gordura observada nos animais semiconfinados. Apesar
223 das carcaças oriundas do confinamento apresentarem maior espessura de gordura, as do
224 semiconfinamento tiveram resultados satisfatórios, com cobertura de gordura acima do

225 mínimo desejável, conferindo um bom acabamento da carcaça e proteção contra o
226 resfriamento.

227 As carcaças oriundas do semiconfinamento tiveram médias maiores para
228 maturidade fisiológica e comprimento de carcaça, caracterizando que foram maiores e
229 apresentaram carcaças mais jovens (Tabela 1). Em termos médios a maturidade
230 fisiológica das novilhas foi similar ao encontrado por Costa et al. (2002), que obtiveram
231 escore de maturidade de 14,5 para novinhos Red Angus de 13 meses terminados em
232 confinamento. No entanto, a média de comprimento de carcaça observado nas novilhas
233 foi superior ao descrito por Marques et al. (2006) de 113,8 cm para fêmeas mestiças
234 (Nelore x Red Angus) confinadas. Segundo Hadlich et al.(2006) animais com tamanho
235 corporal grande tendem a depositar menos gordura intramuscular, informação que pode
236 ser confirmada em razão da menor deposição de gordura observada nas carcaças das
237 novilhas semiconfinadas avaliadas neste estudo.

238

239 **Efeito do sistema de terminação nas características da carne de novilhas cruzadas**

240 A carne das novilhas oriundas do confinamento apresentou maior
241 porcentagem de gordura, coloração mais clara, menor perda por exsudação e por
242 cozimento e menor força de cisalhamento com e sem maturação (Tabela 2).

243

244

245

246

247

248

249

250

251

Tabela 2. Características qualitativas da carne de novilhas Angus x Nelore, abatidas aos treze meses de idade, terminadas em dois sistemas de produção.

Variável	P<	Confinamento		SemiConfinamento	
		Média	DP	Média	DP
Marmoreio¹	0,2614	5,37	0,31	4,71	0,49
EE, %	0,0001	1,94 a	0,10	1,02 b	0,15
Sem maturação					
pH	0,8641	5,51	0,02	5,51	0,03
Luminosidade	0,0044	38,88 a	0,32	37,19b	0,48
croma	0,0015	20,17 a	0,19	19,44 b	0,28
hue	0,0004	0,71 a	0,01	0,68 b	0,01
pCoz, %	0,0023	26,25a	0,68	30,07b	1,01
PE, %	0,0320	6,57b	0,25	5,59a	0,37
FC, kg	0,0003	7,75a	0,24	9,41b	0,36
Com maturação de sete dias					
pH	0,2795	5,56	0,01	5,59	0,02
Luminosidade	0,0001	40,79 a	0,25	38,79b	0,40
Croma	0,4758	19,23	0,23	19,53	0,36
Hue	0,0007	0,77 a	0,01	0,72b	0,01
pCoz, %	0,0001	25,35a	0,63	31,27b	0,98
PE, %	0,1369	5,88	0,22	6,49	0,34
FC, kg	0,0040	5,50a	0,22	6,68b	0,34

DP= Desvio Padrão; MAR = EE= Extrato Etéreo; pCoz= perdas no cozimento; PE= perdas por exsudação; FC= Força de cisalhamento;

¹ Marmoreio (escore de 1 a 18);

a, b – Médias, na linha, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey (P<0,05).

Não houve diferenças estatísticas (P>0,05) no escore de marmoreio da carne produzida nos dois sistemas (confinamento e semiconfinamento), o que neste experimento foi classificado como leve, indicativo de uma carne relativamente magra (Tabela 2). A deposição do tecido adiposo segue uma ordem gradativa, sendo depositada primeiramente a gordura visceral, seguida da intermuscular, subcutânea e

264 por último a intramuscular (ALVES et al., 2015). Possivelmente, o baixo escore de
265 marmoreio observado na carne avaliadas nos dois sistemas, foi devido a pouca idade das
266 novilhas ao abate, apesar de apresentarem considerável deposição de gordura
267 subcutânea, ainda não teriam iniciado uma deposição acelerada de gordura
268 intramuscular. No entanto, maior porcentagem de extrato etéreo foi observada ($P<0,05$)
269 na carne de novilhas confinadas. Rodrigues et al. (2008) trabalhando com novilhas
270 superprecoces, encontrou valores próximos aos observados neste experimento.
271 Entretanto, Fernandes et al., (2009) observaram média de 2,98 % na carne de novilhas
272 com 15 meses de idade, superior aos valores observados para os dois sistemas
273 avaliados, corroborando os relatos de Owens et al. (1993) de que animais de maior
274 idade tendem a apresentar carne com maior quantidade de gordura intramuscular.

275 A coloração da carne das novilhas confinadas ($P<0,05$), avaliada pelas médias de
276 luminosidade, croma e hue, sem e após a maturação foi mais clara em relação às
277 semiconfinadas (Tabela 2). A cor da carne esta relacionada com o pigmento mioglobina
278 e pode ser influenciada pelo pH final, idade, atividade física e gordura Muchenje et al.
279 (2009). Apesar dos animais do semiconfinamento serem ligeiramente mais jovens que
280 os do confinamento, a diferença na maturidade foi muito pequena e parece não ter
281 influenciado a cor da carne que, apresentou-se mais escura, por outro lado a coloração
282 mais intensa na carne desses animais pode ser devido ao exercício físico. A cor carne de
283 bovinos criado a pasto apresenta maior saturação da cor vermelha que animais
284 confinados (FELÍCIO, 1999), pois os músculos com maior atividade física têm maior
285 concentração de mioglobina, uma vez que necessitam de maior quantidade de oxigênio
286 para obtenção de energia via anaeróbica, com isso, apresentando coloração mais intensa
287 (PAULINO et al., 2013), corroborando os resultados observados. Além disso, o teor de
288 gordura também desempenha um papel importante na coloração da carne. Segundo

289 Mancini & Hunt (2005), músculos com maior quantidade de gordura, apresentam maior
290 luminosidade, com isso coloração mais clara. Rodrigues (2007) observaram que animais
291 terminados em sistema suplementado apresentaram carne de coloração mais clara, com
292 maior teor de luminosidade e deposição de lipídeos no músculo em relação aos animais
293 terminados a pasto, assim como observado neste estudo. A cor da carne não afeta a sua
294 palatabilidade, no entanto, é importante na sua comercialização, visto que carnes com
295 coloração escura são rejeitadas pelo consumidor (MULLER, 1987).

296 Como no somatório entre as perdas por exsudação e por cozimento ($P < 0,05$),
297 tanto sem maturação quanto após maturação de sete dias, houve maior perda na carne
298 das novilhas oriundas do semiconfinamentos (Tabela 2). De forma similar Vaz et al.
299 (2002) reportaram perdas na cocção em estudo com novilhos mestiços superprecoces
300 próximos ao observados. Por outro lado, Rodrigues et al. (2008) observaram perdas na
301 cocção 24 horas e após sete dias de maturação inferiores aos observados, resultados que
302 também pode ser verificado em estudo realizado por KAZAMA et al. (2008). A
303 proteína exerce atração sobre a água, logo, uma carne com maior teor de água apresenta
304 maior teor de proteína (FELÍCIO, 1999). Entretanto, a proporção de água em
305 músculos de animais jovens diminui com aumento no teor de tecido adiposo
306 (BIANCHINI et al., 2007), com isso, menores perdas ao descongelamento e cocção
307 podem ser verificadas na carne de animais com maior precocidade para deposição de
308 gordura (RUBIANO et al., 2009), visto que, quando maior o teor de gordura na carne,
309 há tendência de diminuir o teor de umidade, possivelmente, pelo fato da gordura ocupar
310 o espaço deste e de outros constituintes (RODRIGUES & ANDRADE, 2004). Assim, a
311 possível razão pelas maiores perdas de líquidos na carne das novilhas semiconfinadas
312 foi devido ao menor teor de gordura apresentado na carne dessas novilhas.

313 A força de cisalhamento, tanto sem maturação quanto após maturação de sete
314 dias foi menor ($P < 0,05$) na carne das novilhas confinadas (Tabela 2). A menor força de
315 cisalhamento observada pode estar associada a gordura e a velocidade de ganho pelas
316 novilhas. De forma indireta o tecido adiposo influencia o grau de maciez da carne,
317 sendo atribuído um percentual de variabilidade da maciez da carne bovina ao grau de
318 marmoreio (KOOHMARAI, 1992). Assim, a maior porcentagem de marmoreio
319 observada na carne das novilhas confinadas pode ter contribuído para menor força de
320 cisalhamento. Ademais, os animais que possuem crescimento rápido produzem carne
321 mais macia do que os animais que crescem de forma lenta (SORIA & CORVA, 2004).
322 A taxa de crescimento muscular antes do abate está relacionada com a maior maciez da
323 carne (THOMSON et al., 1999), principalmente devido a mudanças na taxa de
324 renovação proteica (ZGUR et al., 2003), caracterizada pelo excedente entre a
325 quantidade de proteína muscular sintetizada e degradada (KOOHMARAI et al., 2002).
326 Therkilsen et al. (2002), em estudo para determinar o efeito da taxa de crescimento de
327 bezerros sobre a atividade da calpaína *post mortem* concluíram que animais que ganham
328 peso rapidamente tendem a produzir carne mais macia e com maior índice de
329 fragmentação miofibrilar, não estando esses achados relacionados com alterações no
330 sistema enzimático das Calpaínas. De forma similar, Thomson et al. (1999) relataram
331 haver uma relação entre a taxa de crescimento e a atividade da μ -calpaína *pos mortem*.
332 Os autores observaram que os novilhos que cresceram mais rapidamente tiveram as
333 maiores atividades de μ -calpaína após o abate e produziram carne com maior maciez,
334 assim como as novilhas do confinamento neste estudo. Por outro lado, a maior perda de
335 água por cocção pode resultar em menor suculência e maciez da carne, medida pela
336 força de cisalhamento neste estudo. Assim, as maiores perdas observadas na carne das

novilhas semiconfinadas podem ter contribuído para sua menor maciez, em razão da maior força de cisalhamento apresentada.

Efeito da maturação na carne de novilhas cruzadas

A maturação afetou ($P < 0,05$) as variáveis L^* , Hue e FC (Tabela 4). O processo de maturação influenciou positivamente para uma coloração mais clara e menor FC da carne.

Tabela 3. Influência da maturação (sem maturação ou maturação de 7 dias) sobre a qualidade da carne de novilhas Angus x Nelore, abatidas aos treze meses de idade.

Variável	P<	DP	Média (sem maturação)	Média (maturação de 7 dias)
PE, %	0,3646	0,54	6,43	6,09
pCoz, %	0,8227	0,01	22,11	22,30
pH	0,1701	0,04	5,46	5,50
Luminosidade	0,0001	0,67	38,81b	40,98 a
Croma	0,1308	0,47	19,42	18,92
Hue	0,0001	0,01	0,72b	0,77 a
FC, kg	0,0001	0,50	7,91b	5,25a

DP= Desvio Padrão; PE=Perdas por exsudação; pCoz=Perdas no cozimento; FC= Força de cisalhamento;

a, b – Médias, na linha, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

As médias de luminosidade e Hue aumentaram com o tempo de maturação (Tabela 3), contudo, a luminosidade observada estão dentro da variação descrita por Muchenje et al. (2009) como ideal para carne bovina (33,2 – 41,0). Farouk et al. (2009) encontraram melhora na coloração da carne com uso da maturação antes do congelamento, devido ao aumento da luminosidade, concluindo que esse aumento poderia ser devido a oxidação lipídica.

356 A menor força de cisalhamento (5,25 kg) observada após período de sete dias
357 de maturação (Tabela 3) está relacionada à proteólise dos componentes estruturais das
358 miofibrilas pela ação das proteases Cálcio dependentes, ocorrendo o enfraquecimento
359 da estrutura da linha Z e promovendo o amaciamento da carne (KOOHMARAIE, 1994;
360 ANDRIGHETTO et al., 2006). De forma similar Rodrigues et al. (2008) atribuem a
361 menor força de cisalhamento observada em novilhas de diferentes grupos genéticos
362 após a maturação à ação enzimática no músculo *post mortem*. Os autores enfatizam que
363 o período de sete dias de maturação da carne de animais superprecoces é suficiente para
364 padronizar a maciez da carne, corroborando os resultados observados no estudo. Apesar
365 da força de cisalhamento da carne maturada ser levemente superior ao limite descrito
366 por Shakelford et al. (1999) de 5 kg para carne bovina macia, pode-se inferir que o
367 processo de maturação influenciou positivamente para melhorar a maciez da carne.

368

369 **Conclusão**

370 Foi observado variabilidade nas características de carcaça e da carne das
371 novilhas cruzadas, terminadas em confinamento ou semiconfinamento. O sistema de
372 confinamento foi mais apropriado que semiconfinamento para terminação de novilhas
373 que apresentam boas carcaças e carne com parâmetros de qualidade satisfatórios, em
374 especial a maciez, para atender o mercado de carnes nobres.

375

376

377

378

379

380

Referências

- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat.** Chicago, American Meat Science Association, 1995.
- ALVES, K.R.; SILVA, L.D.F.; RIBEIRO, E.L.A.; GUERRA, L.G.; PAICA, F.H.P.; HENZ, E.L. Carcass characteristics, meat quality, feeding behavior of Nelore heifers fed diets containing sunflower pie. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 38, n. 2, p. 183-190, 2015.
- ANDERSEN, H.J.; OKSBJERB, N.; YOUNG, J.F.; THERKILDSEN, M. Feeding and meat quality – A future approach: Review. **Meat Science**, v. 70, p. 543–554, 2005.
- ANDRIGHETTO, C.; JORGE, A.M.; ROÇA, R.O.; SARTORI, D.R.; RODRIGUES, E.; BIANCHINI, W. Maturação da carne bovina. **Revista Eletrônica de Veterinária**. v.7, n.6, 2006.
- ANDRIGHETTO, C.; JORGE, A. M.; NASSER, M. D. MAESTA, S.A.; RODRIGUES, E.; FRANCISCO, C.L. Características químicas e sensoriais da carne bovina. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, Londrina, v. 4, n. 11, 2010.
- AOCS, 2009. Official Method Am 5-04 - **Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction.** Additions and Revisions to the Official Methods and Recommended Practices of the AOCS.
- BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. **New concepts of cattle growth.** Sidney: Sidney University Press, 1976. 240 p.
- BIANCHINI, W.; SILVEIRA, A.C.; JORGE, A.M. et al. Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da carne fresca e maturada de bovinos superprecoces. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2109-2117, 2007.
- BONIN, M.N.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P.; SILVA, S.L.; REZENDE, F.M.; CUCCO, D.C.; CARVALHO, M.E.; SILVA, R.C.G.; OLIVEIRA, E. C.M. Características de carcaça e qualidade da carne em linhagens da raça Nelore. **Ciência Rural**, v.44, n.10, p.1860-1866, 2014.
- BRASIL. MINISTÉRIA DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Sistema nacional de tipificação de carcaças bovinas. Brasília:MAPA. Portaria 612 de 05 de outubro de 1989.
- COMPARIN, M. A. S.; MORAIS, M. G.; ALVES, F. V.; COUTINHO, M. A. S.; FERNANDES, H. J.; FEIJÓ, G. L. D.; OLIVEIRA, L. O. F.; COELHO, R. G. Desempenho, características qualitativas da carcaça e da carne de novilhas Brangus suplementadas em pastagem recebendo diferentes aditivos nutricionais. **Revista de Saúde e Produção Animal**. v. 14, n. 3, p. 574 – 586, 2013.

- 428 COSTA, E.C.; RESTLE, J.; VAZ, F.N.; et al. Características da Carcaça de Novilhos
429 Red Angus Superprecoces Abatidos com Diferentes Pesos. **Revista Brasileira de**
430 **Zootecnia**, v.31, n.1, p.119-128, 2002.
- 431
- 432 FAROUK, M.; WIKLUND, E.; STUART, A.; DOBBIE, P. Ageing prior to freezing
433 improves the colour of frozen-thawed beef and venison. In: International Congresso
434 of Meat Science and Technology (ICOMST), 55th., Copenhagen, Denmark, 2009.
435 **Proceedings...** Copenhagen, Denmark: International Congresso of Meat Science and
436 Technology, p.786-790, 2009.
- 437 FELÍCIO, P.E. Fatores ante e post-mortem que afetam a qualidade da carne vermelha.
438 In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 30., 1993, Rio de Janeiro.
439 **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993. p.43-52.
- 440
- 441 FELICIO, P.E. de. Fatores que Influenciam na Qualidade da Carne Bovina. In: A. M.
442 Peixoto; J. C. Moura; V. P. de Faria. (Org.). **Produção de Novilho de Corte**. 1.ed.
443 Piracicaba: FEALQ, 1997, v. Único, p.79-97.
- 444
- 445 FELÍCIO, P.E. Qualidade da carne bovina: Características físicas e organolépticas. In:
446 Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 36., Porto Alegre, 1999.
447 **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p. 1-11, 1999.
- 448
- 449 FERNANDES, A.R.M.; SAMPAIO, A.A.M.; HENRIQUE, W.; TULLIO, R.R.;
450 OLIVEIRA, E.A. de; SILVA, T.M. da. Composição química e perfil de ácidos
451 graxos da carne de bovinos de diferentes condições sexuais recebendo silagem de
452 milho e concentrado ou cana-de-açúcar e concentrado contendo grãos de girassol.
453 *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.705-712, 2009.
- 454
- 455 GOLL, D.E.; THOMPSON, V.F.; TAYLOR, R.G.; QUALI, A. The calpain system and
456 skeletal muscle growth. **The Canadian Veterinary Journal**, p. 503-512, 1998.
- 457
- 458 GOMIDE, L.A.M.; RAMOS, E.M.; FONTES, P.R. **Ciência e qualidade da carne:**
459 **Fundamentos**. Viçosa:UFV, 2013. 197p.
- 460
- 461 JBS. **Classificação de carcaça bovina pelo acabamento**. Online. Disponível em:
462 [http://www.jbs.com.br/pt-br/centro_midia/press_releases/jbs-lanca-e-book-de-](http://www.jbs.com.br/pt-br/centro_midia/press_releases/jbs-lanca-e-book-de-classificacao-de-carcaca-bovina-pelo-acabamento)
463 [classificacao-de-carcaca-bovina-pelo-acabamento](http://www.jbs.com.br/pt-br/centro_midia/press_releases/jbs-lanca-e-book-de-classificacao-de-carcaca-bovina-pelo-acabamento). Acesso em 24/08/2016.
- 464
- 465 HADLICH, J. C.; CURI, R. A.; DA SILVA, M. G. B.; FACTORI, M. A.; SILVEIRA,
466 A. C.; CHARDULO, L. A. L. Maciez da carne bovina e sua relação com o
467 crescimento e os tipos de fibra musculares. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias**
468 **e Ambientais**, v. 11, p. 421-430, 2013.
- 469
- 470 KAZAMA, R.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N.; SILVA, D.C.; DUCATTI, T.;
471 MATSUSHITA, M. Características quantitativas e qualitativas de novilhas
472 alimentadas com diferentes fontes energéticas em dietas à base de cascas de algodão
473 e de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.350-357, 2008.
- 474
- 475 KOOHMARAIE, M.; KENT, M.P.; SHACKELFORD, S.D.; VEISETH, E.;
476 WHEELER, T.L. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship?
477 **Meat Science**, n.62, p.345-352, 2002.

- 478 KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, v. 36, n. 3, p.
479 93-104, 1994.
480
- 481 KOOHMARAIE, M. The role of Ca^{2+} - dependent proteases (calpains) in post mortem
482 proteolysis and meat tenderness. **Biochimie**, p. 239-245, 1992.
483
- 484 LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384p.
485
- 486 LIMA JUNIOR, D.M.; RANGEL, A.H.N.; URBANO, S.A.; MACIEL, M.V.;
487 AMARO, L.P.A. Alguns aspectos qualitativos da carne bovina: uma revisão. **Acta**
488 **Veterinária Brasília**, v. 5, n. 4, p. 351-358, 2011.
489
- 490 LOPES, S.L.; LADEIRA, M.M.; MACHADO NETO, O. R.; PAULINO, P.V.R.;
491 CHIZZOTTI, M.L.; RAMOS, E.M.; OLIVEIRA, D.M. Características de carcaça e
492 cortes comerciais de tourinhos Red Norte e Nelore terminados em confinamento.
493 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.4, p.970-977, 2012.
494
- 495 LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. 1.ed. São Paulo: A. Luchiari Filho,
496 2000. 134p.
497
- 498 MACIEL, M.V.; AMARO, L.P.A.; LIMA JUNIOR, D.M. et al. Métodos avaliativos
499 das características qualitativas e organolépticas da carne de ruminantes. **Revista**
500 **Verde.**, v.6, n.3, p. 17 -24, 2011.
501
- 502 MANCINI, R.A.; HUNT, M.C. Review: current research in meat color. *Meat Science*,
503 v.71, p. 100-121, 2005.
504
- 505 MARFRIG. **Programa de Premiação Angus Marfrig**. Online. Disponível em:
506 [http://www.marfrig.com.br/pecuaristas/programas-pecuarios/programa-premiacao-](http://www.marfrig.com.br/pecuaristas/programas-pecuarios/programa-premiacao-angus/)
507 [angus/](http://www.marfrig.com.br/pecuaristas/programas-pecuarios/programa-premiacao-angus/). Acessado em 24/08/2016.
508
- 509 MARQUES, J.A.; PRADO, I.N.; MOLETTA, J.L.; PRADO, I.M.; PRADO, J.M.;
510 MACEDO, L.M.A.; SOUZA, N.E.; MATSUSHITA, M. Características físico-
511 químicas da carcaça e da carne de novilhas submetidas ao anestro cirúrgico ou
512 mecânico terminadas em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4,
513 p.1514-1522, 2006.
514
- 515 MENDES, G.A.; ROCHA JUNIOR, V.R.; RUAS, J.R.M.; SILVA, F.V.; CALDEIRA,
516 L.A.; PEREIRA, M.E.G.; SOARES, F.D.S.; PIRES, D.A.A. Características de
517 carcaça e qualidade da carne de novilhas alimentadas com silagem de
518 capim- marandu. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.47, n.12, p.1774-1781, 2012.
519
- 520 MUCHENJE, V.; DZAMA, K.; CHIMONYO, M.; STRYDOM, P. E.; HUGO, A.;
521 RAATS, J. G. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and
522 consumer health: A review. **Food Chemistry**, v. 112, p.279–289, 2009.
523
- 524 MULLER, M.; PRADO, I.N.; LOBO JUNIOR, A.R.; SCOMPARIN, V.X.; RIGOLON,
525 L.P. Diferentes fontes de gordura sobre o desempenho e c Diferentes fontes de
526 gordura sobre o desempenho e característi aracterísticas da carcaça de novilhas de
527 corte confinadas. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 27, n. 1, p. 131-137, 2005.

- MÜLLER, L. **Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaças de novilhos**. 2.ed. Santa Maria: UFSM, 1987. 31p.
- NEVES, M.F.; MACHADO FILHO, C.P.; CARVALHO, D.T.; et al. Marketing da carne bovina com visão de redes de empresas (Networks). **Revista Organizações rurais & Agroindustriais**. v.4, n.2. 2002.
- OWENS, F. N.; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. Factors that Alter the Growth and Development of Ruminants. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3138-3150, 1993.
- RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade da carne: fundamentos e metodologias**. 22.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2007, 599p.
- RESTLE, J.; VAZ, F.N.; ALVES FILHO, D.C.; PASCOAL, L.L.; OLIVEIRA, A.N. de; FATURI, C.; ARBOITTE, M.Z. Efeito da suplementação energética sobre a carcaça de vacas de diferentes idades, terminadas em pastagem cultivada de estação fria sob pastejo horário. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1076-1083, 2001.
- RODRIGUES, V.C.; ANDRADE, I.F. Características Físico-Químicas da Carne de Bubalinos e de Bovinos Castrados e Inteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1839-1849, 2004.
- RODRIGUES, E.C. **Influência do sistema de terminação e genótipo na qualidade da carne de bovinos de rebanhos comerciais**. 2007. 132f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- RODRIGUES, E.; ARRIGONI, M.B.; JORGE, A.M.; BIANCHINI, W.; HADLICH, J.C.; MOREIRA, P.S.A.; MARTINS, C.L. Características físicas e químicas da carne de novilhas de diferentes grupos genéticos no modelo biológico superprecoce. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.3, p. 594-604, 2008.
- RODRIGUES, E.; ARRIGONI, M.B.; JORGE, A.M.; BIANCHINI, W.; MARTINS, C.L.; ANDRIGHETTO, C. Crescimento dos tecidos muscular e adiposo de fêmeas bovinas de diferentes grupos genéticos no modelo biológico superprecoce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.625-632, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010000300023>. Acesso em: 15/09/2016.
- RUBIANO, G.A.; ARRIGONI, M.B.; MARTINS, C.L.; RODRIGUES, E.; GONÇALVES, H.C.; ANGERAMI, C.N. Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos superprecoces das raças Canchim, Nelore e seus mestiços. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.12, p.2490-2498, 2009.
- SAINZ, R.D.; ARAUJO, F.R.C. Tipificação de carcaças de bovinos e suínos. Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da carne, 1., 2001. São Pedro. **Anais...** São Pedro: Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Carne, 2001. p.22-25.
- SAS INSTITUTE. SAS® 9.1.2. **Statistical Analysis System, system for Windows**. SAS Institute Inc., Cary, NC 2009.

- 577 SHAKELFORD, S.D.; WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M. Tenderness
578 classification of beef: II. Design and analysis of a system to measure beef
579 Longissimus shear force under commercial processing conditions. **Journal of**
580 **Animal Science**, v. 77, p. 1474- 1481, 1999.
581
- 582 SORIA, L.A.; CORVA, P.M. Factores genéticos y ambientales que determinan la
583 terneza de la carne bovina. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**,
584 v.12, n.2, p.73-88, 2004.
585
- 586 THERKILDTSEN, M.; LARSEN, L.M.; BANG, H.G.; VESTERGAARD, M. Effect of
587 growth rate on tenderness development and final tenderness of meat from Friesian
588 calves. **Journal of Animal Science**, v.74, p.253-264, 2002.
589
- 590 THOMSON, B.C.; MUIR, P.D.; DOBBIE, P.M. Effect of growth path and breed on the
591 calpain system in steers finished in a feedlot. **Journal of Agricultural Science**,
592 v.133, p.209–215, 1999.
593
- 594 VAZ, F.N.; RESTLE, J.; QUADROS, A.R.B.; PASCOAL, L.L., SANCHEZ, L.M.B.;
595 ROSA, J.R.P. MENEZES, L.F.G. Características da carcaça e da carne de novilhos e
596 de vacas de descarte Hereford, terminados em confinamento. **Revista Brasileira de**
597 **Zootecnia**, v.31, n.3, p.1501-1510, 2002.
598
- 599 USDA. **Official United States Standards for grades of carcass beef**. Washington,
600 D.C.: Agric. Marketing Serv, 1999.
601
- 602 ZGUR, M. S.; ČEPON, S.; ČEPIN (2003) Influence of growth rate in two growth
603 periods on intramuscular connective tissue and palatability traits of beef Czech
604 **Journal of Animal Science**, v.48, n.3, p.113–119, 2003.
605

CAPÍTULO 3 - Associação entre marcadores moleculares e a qualidade da carcaça e carne de novilhas destinadas ao mercado de carnes nobres
(Revista Brasileira de Zootecnia)

RESUMO - O estudo visou identificar possíveis associações de marcadores moleculares com qualidade da carcaça e carne de novilhas destinadas ao mercado de carnes nobres. Utilizou-se 148 novilhas cruzadas para avaliações quali-quantitativas da carcaça e da carne não maturadas e após sete dias de maturação. Amostras de tecido muscular foram utilizadas para extração de DNA. Os polimorfismos FABP3 e FABP4 foram selecionados para validação com genotipagem por PCR em tempo real e submetidos a estudo de associação com características de produção. O efeito de cada marcador sobre as características fenotípicas foi analisado utilizando-se o procedimento General Linear Model (GLM) do SAS. Observou efeito aditivo do gene FABP3 com CC ($P < 0,0289$) e MAR ($P < 0,0179$) e do FABP4 com CC ($P < 0,0465$) e Hue ($P < 0,0030$). Os SNPs FABP3 e FABP4 contribuíram na formação das características da carcaça e da carne.

Palavras-chave: bovinos de corte, FABP3, FABP4, marmoreio, polimorfismo.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a associação de genótipos dos genes FABP3 e FABP4 com características de qualidade de carcaça e da carne de novilhas cruzadas destinadas ao mercado de carnes nobres.

Material e Métodos

Foram amostradas e avaliadas 148 novilhas Angus x Nelore com idade média de 13 meses e 407,5 kg de peso vivo provenientes de 12 abates realizados entre fev/2015 a fev/2016 totalizando 336 animais oriundos de uma única propriedade rural localizada no município de Chapadão do Sul-MS, que utiliza semiconfinamento ou confinamento como prática de terminação de animais destinados a uma parceria comercial específica.

No Semiconfinamento as novilhas ficavam em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, sendo ofertado concentrado à base de milho grão seco, farelo de soja, caroço de algodão e núcleo. As novilhas do confinamento receberam dieta de silagem, milho grão seco, farelo de soja e núcleo, no consumo de 2,5% do PV.

Os animais foram abatidos em um frigorífico comercial localizado no município de Terenos-MS (Frigorífico Frizelo), seguindo as normas higiênico sanitárias e de abate humanitário (RIISPOA).

No frigorífico, as carcaças foram avaliadas quali-quantitativamente (MULLER, 1987; BRASIL, 1989 e AMSA, 1995) para peso de carcaça quente, conformação, maturidade fisiológica, acabamento, distribuição da gordura de cobertura e comprimento de carcaça.

Após resfriamento de 24 horas, as carcaças foram enviadas à empresa Vermelho Grill Carnes & Cortes (Campo Grande, MS), onde foram colhidas amostras de cerca de 10 cm de espessura cortada transversalmente ao músculo *Longissimus dorsi* na altura da 12ª vértebra torácica. Nessas amostras foram medidos o pH e a espessura da gordura de cobertura, estimada a deposição de gordura intramuscular (marmoreio), desenhado o contorno do músculo para cálculo da área de olho de lombo e tomadas as medidas colorimétricas (L*, a*, b* do sistema CIELab e cálculo do croma e hue MACDOUGAL, 1994).

As amostras, após a retirada da gordura subcutânea, foram subdivididas em três subamostras, uma com 1 cm de espessura e dois bifes de 2,5 cm. Um dos bifes foi congelado imediatamente e o outro mantido sob maturação por 7 dias a 2-3°C antes do

103 congelamento. Após descongelamento esses bifes foram usados para a avaliação das
104 perdas por exsudação, por cocção e força de cisalhamento em um aparelho texturômetro
105 (TA.XT.Plus Texture Analyser) equipado com lâmina tipo Warner Bratzler Shear
106 (AMSA, 1995). As avaliações colorimétricas e de pH foram repetidas após o
107 descongelamento desses bifes.

108 A subamostra de 1 cm foi utilizada para a avaliação do extrato etéreo pelo
109 método AOCS Am 5-04 (2009) com um sistema de extração automática utilizando éter
110 a alta temperatura e pressão (ANKOM XT15 Extractor, ANKOM Technology,
111 Macedon, USA).

112 Para as avaliações genotípicas foram coletados amostras do músculo
113 *Longíissimus dorsi*, que foram armazenadas em tubo criogênico e congeladas a -20°C. O
114 DNA genômico foi extraído utilizando o método descrito por Regitano e Coutinho
115 (2001), sendo quantificado por espectrofotometria em aparelho NanoDrop (Thermo
116 Scientific ND 1000) e a integridade verificada em gel de agarose a 0,8%.

117 Os genes utilizados para associação foram o FABP3 e FABP4. As sequências
118 de nucleotídeos que codificam os genes bovinos FABP3 e FABP4 estão depositadas no
119 banco de dados do NCBI (National Center for Biotechnology Information)
120 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) sob o número de identificação 281758 e 281759,
121 respectivamente.

122 Os SNPs FABP3-G/A (BLECHA, 2015) e FABP4-G/C (RS 110383592) foram
123 genotipados por PCR em tempo real utilizando o sistema TaqMan® (Applied
124 Biosystems). Os oligonucleotídeos e reporters foram utilizados na concentração de 36
125 μM e 8 μM , respectivamente, e suas sequências estão dispostas na Tabela 1.

126

127

128

129

130

131

132

133

134 **Tabela 1.** Sequência dos oligonucleotídeos e repórteres utilizados na qPCR

Gene	Iniciador direto	Iniciador reverso	Reporter 1	Reporter 2
FABP3	GGTCATTGAGC CCCTTGTACT	GAGGGAAGGGTA TGAGCATGAG	TCGCCTCTCG CTCCAG (VIC)	TCGCCTCTC ACTCCAG (FAM)
FABP4	TGGGATGACCT AGCACTAAAAT CTAGAA	ACCATAAAGAGA AAACTCGTGGAT GAT	AGAAGATACT CACGAGCACC (VIC)	AGAAGATAC TCACCAGCA CC (FAM)

135 VIC E FAM: Fluoróforos utilizados para marcar os nucleotídeos dos SNPs. Adaptado
136 de Blecha (2015).

137 As genotipagens foram realizadas em termociclador StepOne Plus (Applied
138 Biosystems, EUA) seguindo o programa padrão “genotyping”. A mistura de reagentes
139 para genotipagem foi padronizada para um volume final de 5 uL e constituída por 30 ng
140 de DNA, 2,5 uL de Taq Man Master Mix e 0,125 uL de Assay.

141 Para melhor agrupamento dos diferentes genótipos foram inseridos em cada
142 placa controles positivos (amostras confirmadas de cada um dos genótipos possíveis). E
143 para confirmação da pureza dos reagentes utilizados foram inseridos controles negativos
144 (água livre de DNase e estéril no lugar de DNA).

145 A partir da identificação dos genótipos, foram calculadas, de acordo com Weir
146 (1996), as frequências genotípicas e alélicas. Foi realizado teste de equilíbrio de Hardy-
147 Weinberg pelo pacote HardyWeinberg do R (R Core Team, 2016). Os desvios das
148 frequências observadas em relação às esperadas foram analisados a 5% de significância.

149 As características de carcaça foram avaliadas em um modelo misto que continha
150 o efeito dos marcadores moleculares e aleatório do sistema de terminação
151 (Confinamento ou Semiconfinamento). O efeito aditivo dos marcadores sobre a
152 qualidade da carne foi avaliado em um segundo modelo contendo os efeitos fixos da
153 maturação, dos sistemas de terminação (confinamento vs semiconfinamento) e da
154 interação entre os sistemas de terminação e as maturações, assim como foi colocada a
155 espessura de gordura, o pH, o grau de marmorização como co-variáveis.

156

157

158

159

Resultados e Discussão

Genotipagem e estudo de associação com características fenotípicas

As duas variantes alélicas de cada um dos dois polimorfismos avaliados foram representadas no grupo genético estudado (Tabela 2). Foi observado maior frequência do alelo G no FABP3-G/A e no FABP4-G/C, ocorreu maior frequência do alelo C.

Tabela 2. Frequência alélica e genotípica dos polimorfismos FABP3-A/G e FABP4-C/G para grupo genético Angus x Nelore.

Polimorfismo	Alelos	Frequência (%)
FABP3-G/A (113 genotipagens)	G	58,85
	A	41,15
FABP4-G/C (102 genotipagens)	G	17,65
	C	82,35
Genótipos		
FABP3-G/A	AA	9,73
	AG	62,82
	GG	27,44
	HW	0,001
FABP4-G/C	CC	65,69
	CG	33,33
	GG	0,98
	HW	0.099

HW=Hardy Weinberg

Para o SNP FABP3 o teste de equilíbrio HW foi significativo ($P < 0,05$) pelos três métodos de avaliação (teste exato de Haldane, qui-quadrado e razão de verossimilhança) indicando que os genótipos encontrados não estão em equilíbrio (Tabela 2). Já para o SNP FABP4 os três testes não foram significativos ($P > 0,05$), indicando que os genótipos estão em equilíbrio de Hardy-Weinberg.

Observou-se que houve um excesso de animais heterozigotos no SNP FABP3 em relação à expectativa frente às frequências alélicas desse loco, embora os preceitos para a manutenção do equilíbrio de Hardy Weinberg (inexistência de acasalamentos

179 seletivos, de mutações, de migrações, de seleções e de deriva) não sejam atendidas de
180 forma plena na população em estudo, não houve uma razão específica para tal distorção.
181 Se houvesse alguma razão forte para essa distorção no SNP FABP3 ela deveria ter
182 atingido também o loco do SNP FABP4.

183 Entre os animais analisados para o polimorfismo FABP3-G/A, 11 apresentaram
184 o genótipo AA, 71 o genótipo AG e 31 o genótipo GG (Tabela 2). Esse SNP foi
185 observado pela primeira vez em estudo com bovinos de diferentes grupos genéticos
186 conduzido por Blecha et al. (2015). Os autores observaram para o SNP FABP3-G/A que
187 55,2% dos animais apresentaram o genótipo GG, 40,3% o genótipo GA e 4,5% AA.
188 Essas frequências genéticas são ligeiramente diferentes das encontradas (27,4%, 62,8%
189 e 9,7%, respectivamente para os mesmos genótipos). Parte dessa diferença pode ser
190 explicada pelas frequências alélicas obtidas por Blecha et al. (2015), que foram 75,4%
191 para G e 24,6% para A.

192 Para o polimorfismo FABP4 G/C 67 animais apresentaram o genótipo CC, 34 o
193 genótipo CG e 1 o genótipo GG (Tabela 3). Blecha et al. (2015) em estudo com bovinos
194 de diferentes grupos genéticos, observaram que 61,2% dos animais apresentaram o
195 genótipo CC, 34,3% o genótipo GC e somente 4,5% o genótipo GG. Os autores
196 enfatizam que a menor frequência do alelo “G” encontrada, assim como no presente
197 estudo, pode indicar que este alelo está sendo introduzido ou saindo das populações
198 estudadas. No entanto, Oh et al. (2012) avaliando bovinos coreanos da raça Hanwoo
199 encontraram frequências de 36,3%, 47,7% e 16% para os genótipos GG, GC e CC
200 respectivamente, sendo que “C” foi o alelo menos frequente (44%).

201 Em relação às características de carcaça e para os dois genes FABP3 e
202 FABP4, somente houve efeito aditivo ($P < 0,05$) para CC, $P = 0,0289$ e $P = 0,0465$,
203 respectivamente (Tabela 3).

204

205

206

207

208

209

210

211

212

Tabela 3. Efeito dos genes FABP3 e FABP4 sobre características de carcaça de novilhas Angus x Nelore abatidas aos treze meses de idade.

Variável	Número animais	Efeito aditivo	
		FAPB3	FABP4
PCQ, kg	92	0,4728	0,1984
Conformação ¹	96	0,8255	0,2124
Acabamento ¹	96	0,2200	0,9977
Distribuição ¹	96	0,9638	0,2485
MatFis ¹	96	0,9397	0,9994
CC, cm	96	0,0289*	0,0465*
AOL, cm ²	96	0,7256	0,8409
EGS, mm	95	0,2415	0,2055

PCQ = peso da carcaça quente; CC= comprimento de carcaça; AOL= área de olho de lombo; EGS= espessura de gordura subcutânea.

¹ Conformação (escala de 1 a 18 pontos); Acabamento (escala de 1 a 5); Distribuição da gordura na carcaça (escala de 1 a 3); Maturidade fisiológica (escala de 1 a 15);

* = efeito significativo (P<0,05);

Os resultados de estudo de associação mostraram que, embora as proteínas do gene FABP estejam relacionadas à deposição de gordura em diversos tecidos (LIANG et al., 2014; MICHAL et al., 2006), alguns autores verificaram a relação de polimorfismos FABP3 e FABP4 com características de carcaça em bovinos, como neste experimento. Em estudo pioneiro de associação utilizando o mesmo SNP avaliado neste estudo, Blecha et al. (2015) verificaram pequeno efeito com área de olho de lombo em bovinos de diferentes grupos genéticos. De forma similar, (Liang et al., 2014) verificaram associação significativa com comprimento e rendimento de carcaça em bovinos Qinchuan. Cho et al.(2008), verificaram efeito do gene FABP4 com espessura de gordura e peso de carcaça em bovinos coreanos. Michal et al., (2006) encontraram associação significativa entre FABP4 e escores de marmoreio e deposição de gordura subcutânea em animais F2 originados do cruzamento Wagyu x Limousin

Para as variáveis quali-quantitativas da carne, foi observado efeito aditivo dos alelos do gene FABP3 (P<0,05) para o escore de marmoreio e do gene FABP4 (P<0,05) para os valores de hue após sete dias de maturação (Tabela 4).

Tabela 4. Efeito dos genes FABP3 e FABP4 sobre características da carne de novilhas Angus x Nelore abatidas aos treze meses de idade.

Variável	Número animais	Efeito Aditivo	
		FAPB3	FABP4
Marmoreio¹	96	0,0179*	0,0921
Extrato etéreo, %	96	0,1239	0,2636
Sem maturação			
Ph	90	0,8045	0,4428
Luminosidade	90	0,5385	0,2592
Croma	90	0,1192	0,2950
Hue	90	0,6786	0,0680
FC, kg	90	0,6957	0,5128
PE, %	89	0,9545	0,7221
pCoz, %	90	0,3376	0,6247
Com Maturação de sete dias			
pH	96	0,5169	0,9497
Luminosidade	96	0,3869	0,6679
Croma	96	0,0543	0,1153
Hue	96	0,3603	0,0030*
FC, kg	96	0,7824	0,7645
PE, %	96	0,3508	0,3858
pCoz, %	96	0,6356	0,6406

FC= Força de cisalhamento; PE= perdas por exudação; pCoz= perdas por cozimento;

¹Marmoreio (escore de 1 a 18);

*= efeitos significativos ($P < 0,05$);

O efeito do gene FABP3 com sobre a deposição de gordura intramuscular na carne corroboram o disposto na literatura, devido ao gene ser expresso em tecidos com alta demanda de ácido graxos como o músculo esquelético (GERBENS et al., 1999; CALVO et al., 2004). Foi observado efeito de substituição alélica ($P < 0,05$) do SNP FABP3-G/A sobre as variáveis, comprimento de carcaça e marmoreio e do SNP FABP4 G/C com comprimento de carcaça e hue após sete dias de maturação (Tabela 5).

Tabela 5. Efeito de substituição alélica em variáveis com evidências de efeito aditivo em novilhas Angus x Nelore, abatidas aos treze meses de idade.

Variável	FABP3 G/A		FABP4 G/C	
	P<	Efeito	P<	Efeito
CC, cm	0,0289*	-1,32	0,0465*	-1,42
Marmoreio¹	0,0179*	1,06	0,0921	
Hue 7 dias	0,3603		0,0030*	-0,04

CC= Comprimento de carcaça;

¹ Marmoreio (escore de 1 a 18);

*= efeitos significativos ($P < 0,05$);

No SNP FABP3-G/A ($P < 0,05$) o alelo G diminuiu o comprimento da carcaça e aumentou o escore de marmoreio da carne (Tabela 5). Blecha et al. (2015) observaram que o alelo G diminui em $-0,11 \text{ cm}^2$ da área de olho de lombo. Os autores enfatizam que devido essas características serem de caráter quantitativo, ou seja, controlado por vários genes, é comum a observação desse pequeno. Para o SNP FABP4-G/C ($P < 0,05$), o efeito substitutivo alelo G diminuiu o comprimento de carcaça e a variável colorimétrica hue após período de maturação da carne. Tizioto et al. (2010), observaram em análise de substituição alélica efeito significativo ($P = 0,004$) do SNP FABP4 com deposição de gordura na carcaça numa população de bovinos Canchim. Os resultados observados por estes autores indicam que a substituição de um alelo G por um alelo A pode conduzir a uma diminuição de 0,11 mm na média de espessura de gordura subcutânea.

Conclusão

O SNP FABP3-G/A apresentou efeito substitutivo para deposição de gordura intramuscular e comprimento de carcaça. O SNP FABP4-G/C apresentou efeito substitutivo para comprimento de carcaça e tonalidade da cor da carne. Assim, os SNPs avaliados podem ser usados no processo de seleção de animais precoces, que apresentarão carcaças menores e carne com maior marmorização e coloração mais avermelhada.

Referências

- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat.** Chicago, American Meat Science Association, 1995.
- ANDERSSON, L. Genetic dissection of phenotypic diversity in farm animals. **Nature**, v.2, p.130-38, 2001.
- AOCS, 2009. Official Method Am 5-04 - **Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction.** Additions and Revisions to the Official Methods and Recommended Practices of the AOCS.
- BLECHA, I.M.Z.; SIQUEIRA, F.; FERREIRA, A.B.R. et al. Identification and evaluation of polymorphisms in FABP3 and FABP4 in beef cattle. **Genetics and Molecular Research**, v.14, n.4, p. 16353-16363, 2015.
- BRASIL. MINISTÉRIA DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Sistema nacional de tipificação de carcaças bovinas. Brasília:MAPA. Portaria 612 de 05 de outubro de 1989.
- BURROW, H.M.; MOORE, S.S.; JOHNSTON, D.J. Quantitative and molecular genetic influences on properties of beef: A review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.893-919, 2001.
- CALVO, J. H.; MARCOS, S.; JURADO, J. J. et al. Association of the heart fatty acid-binding protein (FABP3) gene with milk traits in Manchega breed sheep. **Animal Genetics**, v. 35, p. 347-349, 2004.
- CHO, S.; PARK, T.S.; YOON, D.H.; et al. Identification of genetic polymorphisms in FABP3 and FABP4 and putative association with back fat thickness in Korean native cattle. **Molecular Biology Reports**, v.41, p. 29-34, 2008.
- CHO, K.H.; KIM, M.J.; JEON, G.J. et al. Association of genetic variants for FABP3 gene with back fat thickness and intramuscular fat content in pig. **Molecular Biology Reports**, v.38, p.2161-2166, 2011.
- GERBENS, F.; VAN ERP, A.J.M.; HARDERS, F.L. MEUWISSEN, T.H.E.; VEERKAMP, J.H.; TE PAS, M.F.W. Effect of Genetic Variants of the Heart Fatty Acid-Binding Protein Gene on Intramuscular Fat and Performance Traits in Pigs. **Journal Animal Science**, v.77, p. 846-852, 1999.
- LIANG, W; ZHANGH.L; LIU, Y. et al. Investigation of the association of two candidate genes (H-FABP and PSMC1) with growth and carcass traits in Qinchuan beef cattle from China. **Genetics and Molecular Research**, v.13, n.1, p.1876-1884, 2014.
- MICHAL, J. J.; ZHANG, Z. W.; GASKINS, C. T. et al. The bovine fatty acid binding protein 4 gene is significantly associated with marbling and subcutaneous fat depth in Wagyu X Limousin F2 crosses. **Animal Genetics**, v.37, p. 400-402, 2006.

- MÜLLER, L. **Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaças de novilhos**. 2.ed. Santa Maria: UFSM, 1987. 31p.
- OH, D.; LEE, Y.; LA, B.; YEO, J. Identification of the SNP (Single Nucleotide Polymorphism) for Fatty Acid Composition Associated with Beef Flavor-related FABP4 (Fatty Acid Binding Protein 4) in Korean Cattle. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.25, p.913-920, 2012.
- R Core Team (2016). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- REGITANO, L. C. A., COUTINHO, L. L. **Biologia Molecular Aplicada à Produção Animal**. Ed. REGITANO, L. C. A., COUTINHO, L. L. Brasília: EMBRAPA. 2001, 215p.
- USDA. **Official United States Standards for grades of carcass beef**. Washington, D.C.: Agric. Marketing Serv, 1999.
- TIZIOTO, P.C.; VENERONI, G.B.; MEIRELLES, S.J. et al. Estudo da associação entre um SNP do gene FABP4 e espessura de gordura subcutânea em uma população de bovinos da raça Canchim. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 47ª., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador, BA: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2010. 3.p., 2010.
- In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 30., 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993. p.43-52.
- VEERKAMP, J. H.; MAATMAN, R. G. Cytoplasmic fatty acid binding proteins: their structures and genes. **Progress in Lipid Research**, v. 34, p. 17-52, 1995.

CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um produto de qualidade é resultado de tudo que acontece durante toda cadeia produtiva, desde a escolha da raça, do sistema de produção, abate até a forma de preparo para o consumo. As variações na qualidade da carne é resultado de alterações em suas características organolépticas, principalmente a maciez, considerada uma características de importância econômica, visto que, sua inconsistência, é um dos mais importantes problemas que desafia a cadeia de produção da carne bovina.

Em virtude da variabilidade na qualidade da carne bovina comercializada, torna-se de suma importância o uso de ferramentas como os marcadores moleculares que auxilie na seleção de genótipos que apresente fenótipos com qualidade satisfatórios.

Neste estudo, verificou-se variabilidade nas características de carcaça e carne, sendo que o sistema de confinamento demonstrou ser mais viável para produção de carne com qualidade superior. Foram observadas associações significativas dos SNPs FABP3 e FABP4 com o comprimento de carcaça, tonalidade da cor da carne e deposição de gordura intramuscular, assim como disposto na literatura.

As informações obtidas neste estudo poderão contribuir para a seleção precoce de animais com alelos relacionados principalmente ao grau de marmoreio que por sua vez, contribui para maior maciez da carne, a fim de diminuir a variabilidade na qualidade da carne comercializada e, conseqüentemente, agregar valor ao produto e possibilitar o direcionamento para nichos de mercado diferenciados.

APÊNDICE

METODOLOGIA DETALHADA

Animais e Abates

O estudo foi realizado na Embrapa Gado de Corte, situada no município de Campo Grande, MS. Foram utilizadas 148 novilhas Angus x Nelore, com idade média de 13 meses, pertencentes ao rebanho de uma propriedade rural localizada no município de Chapadão do Sul-MS, terminadas em dois sistemas distintos: Confinamento e Semiconfinamento.

No período de fev/2015 à fev/2016 foram acompanhados 13 abates, sendo estes realizados em frigorífico comercial localizado no município de Terenos-MS (Frigorífico Frizelo), seguindo as normas higiênico sanitárias e de abate humanitário (RIISPOA). Durante os abates foram coletados os números de SISBOV (Sistema Brasileiro de Identificação e Certificação de Origem Bovina e Bubalina) e as carcaças identificadas individualmente com a ordem de abate.

Os animais foram abatidos de acordo com os seguintes procedimentos: atordoamento dos animais e insensibilização por concussão cerebral, seguida de sangria, esfolagem, separação da cabeça e patas, evisceração e divisão da carcaça em duas metades.

Avaliações das carcaças

Ao final da linha de abate, cada metade carcaça esquerda foi avaliada para peso de carcaça quente (PCQ), conformação (Confor), maturidade fisiológica (Mat Fis) e comprimento de carcaça (CC), conforme metodologia proposta por Muller (1987), Brasil (1989) e AMSA (1995).

A Confor das carcaças foi avaliada utilizando as seguintes categorias (Tabela 1).

Tabela 1. Categorias de conformação e valores numéricos correspondentes.

Conformação	Correspondente	Categoria	Símbolo	Valor numérico
Hiperconvexa		Superior	+	18
			0	17
			-	16
Convexa		Muito boa	+	15
			0	14
			-	13
Sub-convexa		Boa	+	12
			0	11
			-	10
Retilínea		Regular	+	9
			0	8
			-	7
Sub-retilínea		Má	+	6
			0	5
			-	4
Côncava		Inferior	+	3
			0	2
			-	1

Par determinar a MatFis utilizou-se a escala de 1 a 15 pontos dividida em classes de A à E e em subclasses = menos, média e mais, sendo 1 = animal mais velho e 15 = animal mais novo); o CC foi determinado com trena milimetrada, comparando-se a distância desde a borda anterior do osso púbis ao bordo cranial medial da 1ª costela.

O acabamento (AC) foi determinado utilizando a seguinte escala de pontos (1: Ausente, 2: Escasso (1 a 3 mm), 3: Mediana (acima de 3 a 6mm), 4: Uniforme (acima de 6 a 10mm) e 5 Excessiva (acima de 10mm); para distribuição da gordura (DistGord) utilizou-se a escala de pontos (1: Desuniforme, 2: Média e 3: Uniforme)

Avaliações de qualidade da carne

Após resfriamento de 24 horas, as carcaças foram enviadas à empresa Vermelho Grill Carnes & Cortes, onde foram colhidas amostras de cerca de 10 cm de espessura cortadas transversalmente ao músculo *Longíssimus dorsi* na altura da 12ª vértebra torácica. Nessas amostras foi mensurada, a espessura da gordura de cobertura (EGS) com auxílio de paquímetro digital graduado em milímetros sendo a medida realizada a 2/3 da borda medial do músculo *L. dorsi*.

A área de olho de lombo (AOL) foi desenhada em papel vegetal, posteriormente, escaneado e recortado para obtenção da área (Figura 1). A área foi determinada com o

auxílio de uma máquina de medição de área foliar da Marca Li-Cor Modelo 3100 Area Meter (Figura 2).



Figura 1. Desenho da área do músculo *Longissimus dorsi* em papel vegetal

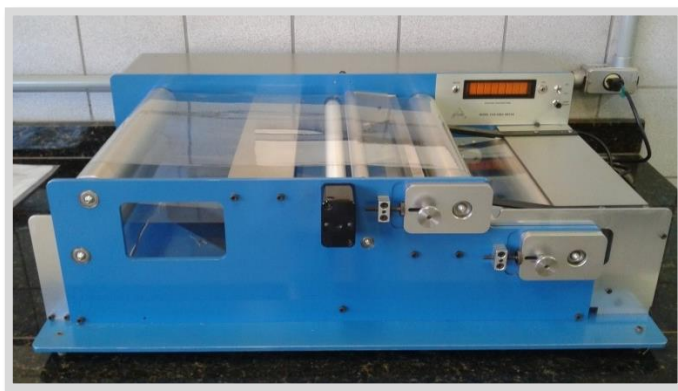


Figura 2. Fotografia da máquina de medição de área foliar

Cada recorte foi mensurado seis vezes para obtenção da média da área de olho de lombo (MED_{AOL}), intercalados de duas mensurações do padrão de área da máquina (50cm²) para obtenção da média padrão (MED_{padrão}). A AOL corrigida (AOL_{Corrig}) foi calculada a partir da seguinte equação:

$$AOL_{Corrig} (cm^2) = MED_{AOL} * 50 / MED_{padrão}$$

Onde:

AOL_{Corrig}= Área de olho de lombo corrigida

MED_{AOL}= Média da área de olho de lombo

MED_{padrão}= Média padrão

O pH foi medido com o auxílio de um peagâmetro digital Modelo HI 99163 Marca Hanna, equipado com sonda de penetração específica para carcaças/carne.

Para as análises de marmoreio (MAR), utilizou-se como referência o padrão do United States Departamento of Agriculture – USDA Quality grade adaptada por Muller (1987), com escalas de 1 a 18 pontos, divididas em três subclasses menos, media e mais (Tabela 2, Figura 3).

Tabela 2. Escalas de marmoreio e valores numéricos correspondentes.

Escala (Correspondência USDA)	Símbolo	Valor numérico	
TRAÇOS – T (Slight – SL)	T ⁻	267	1
	T ⁰	300	2
	T ⁺	333	3
LEVE – L (Small – Sm)	L ⁻	367	4
	L ⁰	400	5
	L ⁺	433	6
PEQUENO – P (Modest – Mt)	P ⁻	467	7
	P ⁰	500	8
	P ⁺	533	9
MÉDIO – ME (Moderate – Md)	ME ⁻	567	10
	ME ⁰	600	11
	ME ⁺	633	12
MODERADO – MO (Slightly Abundant – SLA)	MO ⁻	667	13
	MO ⁰	700	14
	MO ⁺	733	15
ABUNDANTE – AB (Moderately Abundant – MDA)	AB ⁻	767	16
	AB ⁰	800	17
	AB ⁺	833	18

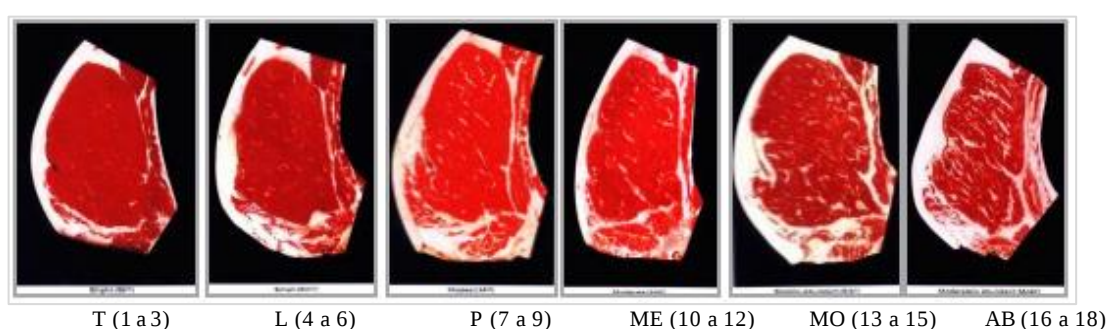


Figura 3. Escala de marmoreio USDA (1965), adaptado por Muller (1980).

Para a avaliação da cor as amostras foram expostas ao ambiente para oxigenação durante 20 minutos. A cor das amostras foi determinada pela média de três mensurações tomadas em três pontos de cada amostra com um auxílio de um

colorímetro portátil modelo *MiniScan XE Plus Hunterlab*, com fonte de luz D65 e ângulo de leitura de 10°, para as características $L^*a^*b^*$ do sistema CIELab. O L^* é o croma associado à luminosidade ($L^*=0$ preto, $L^*=100$ branco); a^* é o croma que varia do verde (-) ao vermelho (+); e b^* , que varia do azul (-) ao amarelo (+). A calibração do aparelho era efetuada com um padrão branco ($L^*=93,30$, $a^*=-0,89$, $b^*=0,95$) e outro preto ($L^*=1,19$, $a^*=1,27$, $b^*=1,92$).

A partir dos valores de a^* e b^* foram calculados os valores de Chroma (C^*) e Hue (H^*):

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$H^* = \tan^{-1} \left[\frac{b^*}{a^*} \right] \quad \text{onde,}$$

Onde:

a^* = croma que varia do verde (-) ao vermelho (+)

b^* = croma que varia do azul (-) ao amarelo (+)

$\tan$ = Tangente

C^* = chroma

H^* = hue

As análises das características de perdas por exsudação (PE), perdas por cocção (pCoz) e força de cisalhamento (FC) foram realizadas segundo metodologia proposta pela AMSA (1995).

As amostras, após a retirada da gordura subcutânea, foram subdivididas em três subamostras. Foram retiradas dois bifes de 2,5 cm e um de 1 cm de espessura e embaladas a vácuo. Duas amostras foram submetidas a dois tempos de maturação, zero dia (T0) sendo congelada imediatamente após a coleta e sete dias (T7) permanecendo em resfriamento por sete dias a 2°C e, posteriormente, congeladas até a realização das análises de maciez, a última amostra foi congelada para posterior análise de extrato etéreo (EE).

Para a análise de PE as amostras submetidas ao T0 e T7 de maturação foram descongeladas em geladeira por 18 horas, em embalagens plásticas para coleção do exsudado, posteriormente foram pesadas individualmente o conjunto Pi (amostra + embalagem + exsudado), para tal foi utilizado balança semi analítica com precisão de $\pm$

0,01g, após foi retirada a amostra da embalagem e pesada novamente sem o exsudado (Pf), nas duas pesagens foi descontadas o valor da embalagem. A perda de exsudato (PE) foi determinada pela diferença do peso da amostra antes e depois da eliminação do exsudado, sendo:

$$[PE = (P_i - P_f)/P_i], \text{ expressa em \%}.$$

Os bifes foram assados em forno elétrico de circulação de ar forçada pré-aquecido a 193°C e a temperatura interna de cada amostra foi monitorada individualmente com auxílio de termopares posicionados no centro geométrico de cada amostra. Ao atingirem a temperatura de 42° C as amostras foram viradas e mantidas no forno até atingirem a temperatura interna de 71°C. Após assadas foram resfriadas até atingirem temperatura ambiente, em torno de 28°C e, posteriormente, pesadas para a obtenção das perdas por cocção (PC) obtido pela proporção da diferença de peso inicial (Pi) antes do cozimento e peso final (Pf), após o cozimento, sendo:

$$[PC = (P_i - P_f)/P_i], \text{ expressa em \%}.$$

Para a realização da maciez objetiva pela força de cisalhamento, os bifes cozidos e embrulhados em papel filme foram mantidos em resfriamento a 2-5°C durante 24 horas. Com auxílio de um vasador acoplado a uma furadeira de bancada Marca Schulz Pratika, retirou-se do interior de cada bife, seis subamostras cilíndricas medindo 1,27 cm diâmetro por 2,54 cm de comprimento, extraídas paralelamente ao longo do eixo das fibras musculares (Figura 4).



Figura 4. Subamostras extraídas para análise de Força de cisalhamento

As subamostras foram cisalhadas utilizando o aparelho texturômetro TA XT Plus Marca Texture Analyser equipado com lâmina tipo Warner Bratzler Shear (Figura

5). O valor de maciez de cada amostra foi representado pela média aritmética dos valores de força de cisalhamento obtido nas seis subamostras. Estes procedimentos foram repetidos para todas as amostras correspondentes aos dois períodos de maturação.



Figura 5. Texturômetro acoplado com lâmina tipo Warner Bratzler Shear.

As análises de porcentagem de gordura intramuscular (extrato etéreo) foram realizadas segundo metodologia proposta pela AOCS (American Oil Chemists' Society) Am 504 (2009) com um sistema de extração automática utilizando éter a alta temperatura e pressão (ANKOM XT15 Extractor, ANKOM Technology, Macedon, USA), consistindo de duas etapas: uma de preparação das amostras e a outra de extração, conforme apresentado a seguir.

Etapa 1 – Preparação das amostras: As amostras coletadas nos abates ficaram armazenadas em freezer a -18°C . Para as análises de extrato etéreo foram retiradas subamostras de 1cm de cada bife, das quais eram retirados todos os músculos anexos ao *Longissimus*, tecido conjuntivo e gordura externa (subcutânea e intermuscular) (Figura 6). Estas fâtiás já “limpas” foram moídas com auxílio de moedor elétrico, de modo a adquirirem consistência pastosa e homogênea.



Figura 6. Subamostra do músculo *Longissimus dorsi* sem tecidos anexos (subcutâneo e intermuscular).

As pesagens das amostras para extração foram realizadas em duplicata. Os bags foram numerados com caneta permanente a prova de solventes e resistente a alta temperatura, pesados (PBG) e a partir daí pesava-se cerca de 2 gramas de amostra in natura moída (PAM) e colocava-se no bag. Este bag era então selado e colocado na estufa de esterilização e secagem por 12 horas a uma temperatura de 100 °C. Esta foi uma adaptação à técnica AOCS Am 5-04 (2009) que propõe 3 horas de secagem das amostras em estufa, sob a mesma temperatura. Após 12 horas, as amostras foram retiradas da estufa, colocadas em dessecador por 30 minutos e pesadas (PAS).

Etapa 2 – Extração: A extração de lipídios totais das amostras (extrato etéreo) foi realizada utilizando um aparelho com sistema de extração automática com éter de petróleo a alta temperatura (90 °C) e pressão (ANKOM XT15 Extractor, ANKOM Technology, Macedon, USA), por 30 minutos (Figura 7).



Figura 7. Extrator ANKON XT15

Após a extração, as amostras eram colocadas em estufa de esterilização e secagem, a 100 °C, por 30 minutos, em seguida colocadas no dessecador por mais 30 minutos para resfriamento e então pesadas novamente (PAE). O valor da porcentagem de EE, na matéria natural, foi calculado pela seguinte fórmula:

$$EE = \frac{PAS - PAE}{(PAM + PBG) \times 100}$$

ONDE:

PAS: peso amostra seca

PAE: peso amostra extraída

PAM: peso amostra

PBG: peso bag

Amostras com coeficiente de variação para porcentagem de gordura média maiores que 20% entre as duplicatas foram repetidas, prevalecendo o valor da repetição.

Análises estatísticas

O experimento foi realizado em um delineamento inteiramente casualizado. Para caracterização das carcaças e da carne das novilhas foi utilizado o procedimento Univariate do SAS e realizados estudos de correlação Pearson entre as variáveis analisadas. As carcaças das novilhas foram avaliadas em função do sistema de terminação (Confinamento ou Semiconfinamento) em um modelo linear com o procedimento GLM do SAS. Já o efeito da maturação sobre a qualidade da carne foi analisado em um modelo contendo os efeitos fixos dos sistemas de terminação (confinamento vs semiconfinamento), da maturação e da interação entre os sistemas de terminação e as maturações. Para comparação entre as médias, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de significância.

Análises moleculares

Para as avaliações genotípicas foram coletadas 2g de amostras de tecido do músculo *Longíssimus dorsi* dos 148 animais, armazenados em tubo criogênico e congelados a -20°C. O DNA genômico foi extraído utilizando o método descrito por Regitano e Coutinho (2001). Os DNAs foram quantificados por espectrofotometria em aparelho NanoDrop (Thermo Scientific ND 1000) e a integridade foi verificada em gel de agarose a 0,8%.

Os genes utilizados para associação foram FABP3 e FABP4. As sequências de nucleotídeos que codificam os genes bovinos FABP3 e FABP4 estão depositadas no banco de dados do NCBI (National Center for Biotechnology Information) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) sob o número de identificação 281758 e 281759, respectivamente.

Os SNPs FABP3-G/A (Identificado por BLECHA (2014), em fase de registro) e FABP4-G/C (RS 110383592) foram genotipados por PCR Tempo Real (Real Time Polymerase Chain Reaction) utilizando o sistema TaqMan® (Applied Biosystems). Os oligonucleotídeos e reporters foram utilizados na concentração de 36 µM e 8 µM, respectivamente, e suas sequências estão dispostas na Tabela 3.

Tabela 3. Sequência dos oligonucleotídeos e repórteres utilizados na qPCR

Gene	Iniciador direto	Iniciador reverso	Reporter 1	Reporter 2
FABP3	GGTCATTGA GCCCCTTGT ACT	GAGGGAAGGGTA TGAGCATGAG	TCGCCTCTC GCTCCAG (VIC)	TCGCCTCTC ACTCCAG (FAM)
FABP4	TGGGATGAC CTAGCACTA AAATCTAGA A	ACCATAAAGAGA AAACTCGTGGAT GAT	AGAAGATAC TCACGAGCA CC (VIC)	AGAAGATAC TCACCAGCA CC (FAM)

VIC E FAM: Fluoróforos utilizados para marcar os nucleotídeos dos SNPs. Adaptado de Blecha (2014).

As genotipagens foram realizadas em termociclador StepOne Plus (Applied Biosystems, EUA) seguindo o programa padrão “genotyping”. A mistura de reagentes para genotipagem por PCR em Tempo Real foi padronizada para um volume final de 5 uL e constituída por 30 ng de DNA, 2,5 uL de Taq Man Master Mix e 0,125 uL de Assay.

O programa de termociclagem da qPCR foi: 60°C por 30 segundos (*Pré PCR Read*), 95°C por 10 minutos (*Holding stage*), 95°C por 15 segundos e 60°C por um minuto, que correspondem a um ciclo (*Cycling stage*), o qual foi repetido por 40 vezes e 60°C por 30 segundos (*Pós PCR Read*) em termociclador *StepOne Plus* (Applied Biosystems, EUA).

Para melhor agrupamento dos diferentes genótipos foram inseridos em cada placa controles positivos (amostras confirmadas de cada um dos genótipos possíveis). E para confirmação da pureza dos reagentes utilizados foram inseridos controles negativos (água livre de DNase e estéril no lugar de DNA).

A partir da identificação dos genótipos, foram calculadas, de acordo com Weir (1996), as frequências genótípicas e alélicas. Foi realizado teste de equilíbrio de Hardy-Weinberg pelo pacote HardyWeinberg do R (R Core Team, 2016). Os desvios das frequências observadas em relação às esperadas foram analisados a 5% de significância.

As características de carne e carcaça foram avaliadas em um modelo misto que continha o efeito fixo dos marcadores moleculares e aleatório do sistema de terminação (Confinamento ou Semiconfinamento). Para avaliar o efeito substitutivo dos alelos de cada marcador, o modelo foi similar ao anterior, porém cada marcador entrou de forma isolada no modelo. O efeito aditivo dos marcadores sobre a qualidade da carne também

foi avaliado em um segundo modelo contendo os efeitos fixos da maturação, dos sistemas de terminação (confinamento vs semiconfinamento) e da interação entre os sistemas de terminação e as maturações, assim como foi a espessura de gordura, o pH, o grau de marmorização como co-variáveis.